

N°1 - JUIN 2007

DOSSIER

Puiser le carburant dans les plantes

RECHERCHE

Des poulets résistants à la salmonelle

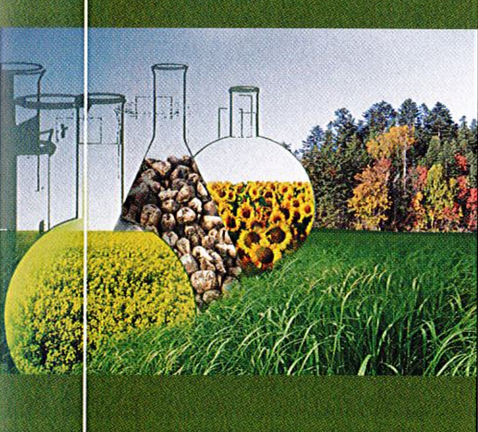
REPORTAGE

Nantes : les produits céréaliers alvéolaires

HORIZONS

A l'échelle mondiale, la recherche agronomique s'organise

sommaire



EDITO

Chers lecteurs

J'ai le plaisir de vous présenter le premier numéro d'*Inra magazine*, nouveau périodique de l'Inra. Il fera le point sur nos résultats scientifiques en cherchant à vous donner les éclairages qui permettent d'appréhender les défis de la recherche agronomique.
Pour le dossier central de ce premier numéro, nous avons choisi le thème des biocarburants : aspects socioéconomiques, approches agronomiques, enjeux environnementaux.
Au fil de reportages auprès de nos équipes, vous découvrirez le « métabolisme » d'un institut de recherche finalisé et ce qui en fait la richesse : de la recherche fondamentale aux objets de recherche, de l'expérimentation à la modélisation, toutes les disciplines de la science sont mobilisées. Toutes les compétences internes sont sollicitées. Nous comptons également sur l'ensemble de nos partenaires.
Réchauffement climatique, alimentation, équilibres écologiques des territoires ruraux, émergence de nouvelles pathologies, compétitivité et durabilité des agricultures..., tous ces défis ont remis l'agronomie au centre des préoccupations des décideurs. Et l'Inra a la chance de réunir les scientifiques pouvant aborder de manière pertinente, grâce à des approches pluridisciplinaires, ces enjeux globaux.
Notre positionnement nous appelle à affirmer notre stratégie scientifique, à démontrer notre ouverture sur la société et à afficher nos résultats qui sont au service de tous.
C'est aussi le rôle que doit jouer *Inra magazine* : un espace de liens entre les différents acteurs de la recherche agronomique qu'ils soient agriculteurs, industriels, décideurs publics, représentants associatifs, personnel de l'Inra, simple citoyen cherchant une information fiable, constructive et accessible.
Espérant que ce premier numéro vous donnera satisfaction et qu'il favorisera le lien qui unit notre Institut, depuis 60 ans, à ces nombreux partenaires, nous restons attentifs à vos suggestions.

Marion Guillou,
présidente-directrice générale de l'Inra



Inra – 147, rue de l'Université 75338 Paris Cedex 07 – www.inra.fr
Directrice de la publication : Marion Guillou. **Directeur éditorial :** Pierre Establet. **Rédacteur en chef :** Michel Zelvelder. **Rédactrice en chef adjointe :** Catherine Donnars. **Conception et réalisation :** CITIZEN PRESS Citizen Press – 01 53 00 10 00. **Responsable d'édition :** Valérie Devillaine. **Direction artistique :** Marie-Laure Noel. **Maquette :** Patricia Perrot. **Iconographie :** Marion Ricard, Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson. **Dépôt légal :** juin 2007. **Impression :** Point 44.


© Brigitte Manoukian

A l'échelle mondiale, la recherche agronomique s'organise


MARION GUILLOU
présidente-directrice générale de l'Inra

Autosuffisance alimentaire, sécurité sanitaire, préservation de l'environnement… D'un pays à l'autre, la recherche agronomique poursuit depuis toujours des objectifs multiples. Mais aujourd'hui, des liens se tissent plus que jamais pour fédérer les moyens. Marion Guillou, présidente-directrice générale de l'Inra revient sur cette construction mondiale.

En France, comment la recherche agronomique s'organise-t-elle ?

Marion Guillou : La recherche agronomique en France s'intéresse à l'agriculture comme à l'alimentation, à l'environnement et aux territoires. Elle doit plus que jamais tenir compte des interactions entre ces composantes et de leurs dimensions locales comme mondiales. L'augmentation de la population mondiale, une meilleure satisfaction de ses besoins alimentaires, un besoin de production agricole doublé à l'échéance de 2050, le changement climatique, la gestion de la biodiversité, le développement de maladies émergentes animales,… tous ces sujets nécessitent des approches transversales, multidisciplinaires et d'associer de multiples partenaires.
Les défis posés interpellent la recherche agronomique : quelles alimentations favorables au bien-être des populations ? Quels équilibres écologiques des territoires ruraux ? Quels modèles productifs et durables construire dans le respect des ressources naturelles ?
Seule une recherche agronomique forte, organisée en réseau, capable de développer des partenariats nationaux, européens et internationaux sur le moyen et le long terme permettra de proposer des avancées dans la connaissance, de fournir des éclairages, d'ouvrir des chemins d'innovation.

L'Inra a fêté l'an dernier son 60ème anniversaire. L'Institut occupe aujourd'hui le deuxième rang mondial en matière de production scientifique agronomique. Les deux autres instituts de recherche, le Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) et l'IRD dans sa partie agronomique (Institut de recherche pour le développement) ont vocation à orienter leurs recherches vers les pays du Sud. Ces organismes se sont longtemps côtoyés en poursuivant des objectifs différents. Mais, aujourd'hui, la complémentarité joue à plein et la France renforce sa position internationale à travers la constitution d'un groupement d'intérêt public entre le Cirad et l'Inra (voir encadré p.4).

Inra-Cirad : un rapprochement scientifiquement fondé

Depuis une quinzaine d'années, les partenariats entre l'Inra et le Cirad se sont multipliés, mais le rapprochement entre les deux organismes est aujourd'hui clairement formalisé. Il prend la forme d'un groupement d'intérêt public « Initiative française pour la recherche agronomique internationale (IFRAI) ». Objectif : proposer une offre conjointe pour répondre aux enjeux planétaires du développement durable. C'est un rapprochement qui va de soi intellectuellement et scientifiquement pour les deux instituts car leurs savoir-faire respectifs sont complémentaires. Stratégiquement, il permet au Cirad de profiter des compétences pointues de l'Inra dans lesquelles il n'aurait pas les moyens d'investir seul. Le Cirad, quant à lui, ouvre à l'Inra ses implantations à l'étranger et sa connaissance des problématiques du Sud. Cette collaboration, qui rapproche aussi l'Inra des centres internationaux de recherche, était très attendue de ses partenaires à l'étranger.

© Inra / Dominique Bicard

POLLINISATION du chou en Chine.

Quelles relations la recherche agronomique française entretient-elle avec ses homologues étrangers ?

Les grands pays occidentaux sont à l'origine de la plupart des innovations technologiques et ils ont laissé leur empreinte sur l'agriculture partout dans le monde. Pourtant, l'Inra est arrivé tardivement comme acteur du système international. Au-delà des coopérations bilatérales avec les pays développés, l'Institut a commencé à nouer des échanges avec ses partenaires européens il y a une quinzaine d'années et met aujourd'hui en place des coopérations au-delà des frontières de l'Union, avec les pays émergents comme la Chine, l'Inde, le Brésil ainsi qu'avec les pays du Bassin méditerranéen.

Les préoccupations vis-à-vis de l'agronomie ne sont pourtant pas les mêmes partout dans le monde...

Les priorités thématiques, les moyens, les partenaires varient. En revanche, les compétences scientifiques déployées, les théories mises à l'épreuve, les technologies utilisées par les chercheurs rapprochent l'Inra et les autres organismes de recherche agronomique. L'Agricultural Research Service (ARS) aux Etats-Unis, l'Académie des Sciences agricoles en Chine, l'EMBRAPA au Brésil ou l'ICAR en Inde partagent avec nous de grandes similitudes d'organisation et d'évolution.

réseau

900 participants et 110 pays collaborent au programme IAASTD.

Par quels moyens la recherche agronomique fait-elle face à ces enjeux ?

La recherche agronomique est présente partout, mais les moyens mis en œuvre ne sont pas les mêmes selon les pays. Dans les pays moins développés, les études montrent qu'un dollar investi dans des activités rurales a deux fois plus d'effet sur le développement qu'un dollar investi dans n'importe quel autre domaine. Ces pays ont parfaitement conscience de l'importance de ces enjeux et y consacrent des moyens croissants.
Au niveau mondial, les centres de recherche internationaux tiennent un rôle important. Il s'agit de structures implantées dans les pays du Sud, mais qui s'appuient sur des fonds et des compétences issus des pays du Nord. Il en existe 15 dans le monde, qui emploient 7500 personnes pour un budget total de 500 millions de dollars. Leur financement est assuré par la Banque mondiale, qui collecte et redistribue les subventions. Outre la Banque elle-même, les États-Unis, l'Union européenne, la Grande-Bretagne et l'Allemagne en sont les principaux contributeurs. La France y tient un rôle particulier.

Quel est l'avenir de cette recherche agronomique internationale ?

En 2002, à Nairobi (Kenya), a été lancé un vaste programme prospectif : l'IAASTD (International Assessment of Agricultural Science et Technology for Development). Lancé par les Nations unies et la Banque mondiale, il a pour but de répondre à une question essentielle : « *Peut-on réduire la faim et la pauvreté dans le monde, améliorer les conditions de vie des zones rurales et promouvoir un développement durable et équitable grâce à l'accès, l'utilisation et la production de savoirs, de sciences et de technologies agricoles ?* ».
La France a choisi de participer à ce programme. Elle en est un des plus importants contributeurs financiers après la Banque mondiale, et une vingtaine d'experts français du Cirad, de l'IRD, de l'Inra notamment participent à ces travaux. Le programme doit effectuer une évaluation critique de ce qu'a été la recherche agronomique des cinquante dernières années avant de fixer un agenda de recherche pour le demi-siècle à venir. Les résultats sont attendus pour 2008. Nul doute qu'ils joueront un rôle important dans l'orientation de la recherche agronomique de demain.

+d'infos
contact : Bernard Hubert
bernard.hubert@paris.inra.fr
sur le Web :
IAASTD : www.agassessment.org
Cirad : www.cirad.fr
IRD : www.ird.fr
Inra : www.inra.fr

Endure, sur la voie d'une agriculture durable

Depuis février 2007, l'Inra coordonne le réseau européen ENDURE, European Network for the Durable Exploitation of Crop Protection Strategies, un réseau de recherche au service d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement. ENDURE revêt pour quatre ans la forme d'un « réseau d'excellence européen » (Rex), l'un des instruments adoptés par Bruxelles pour structurer les forces de recherche européenne. Il réunit plus de 130 chercheurs de disciplines variées (agronomie, génétique, écologie, économie, sociologie) issus de 18 institutions européennes, dont 30 équipes de recherche Inra, et sera doté d'un financement de 11,2 millions d'euros.
Le réseau va investir dans la biologie des agents pathogènes, des insectes et des mauvaises herbes afin de progresser dans la mise au point de variétés à résistance durable, le recours à la lutte biologique, la diversification des agro-écosystèmes, la gestion des espèces envahissantes, la gestion intégrée des plantes nuisibles. L'accent sera mis en particulier sur la conception de systèmes innovants de protection intégrée des cultures, afin même d'en devenir le « leader mondial » selon Pierre Ricci, coordinateur du réseau.

+d'infos
contact : Pierre Ricci, Pierre.Ricci@sophia.inra.fr

Réseau d'excellence dédié à la plante

Les réseaux thématiques de recherche avancée (RTRA) ont pour objectif de créer de hauts lieux scientifiques visibles sur la scène internationale, en permettant aux organismes de recherche, aux universités et aux grandes écoles proches géographiquement de se regrouper autour d'une thématique stratégique. À Montpellier, le RTRA « agronomie et développement durable » concrétise les efforts de ses trois fondateurs : l'Inra, le Cirad et Montpellier SupAgro. Leurs partenaires sont des établissements d'Agropolis International, pôle scientifique qui fédère tous les acteurs de l'agronomie en Languedoc-Roussillon aux premiers rangs desquels : l'IRD, l'Université ou le CNRS.

Les plantes au cœur des recherches

« *Les enjeux sont de trois ordres*, explique Anne-Lucie Wack, coordinatrice du RTRA : *étudier l'adaptation des plantes du Nord et du Sud aux changements climatiques ; répondre à la demande croissante d'utilisation des plantes à des fins alimentaires et non alimentaires ; enfin, faire face aux risques liés aux maladies végétales, à la sécurité sanitaire des aliments, à l'érosion des ressources naturelles…* ». Il s'agit tout d'abord d'améliorer, grâce à la biologie intégrative, la connaissance du fonctionnement des plantes dans leur milieu, en zone tempérée, méditerranéenne ou tropicale, et ce, du gène à la plante entière. Le deuxième axe de recherche associe sciences techniques et sciences sociales : identifier et promouvoir des méthodes innovantes dans l'agriculture, l'alimentation, l'environnement et les agroindustries, dans une perspective de développement durable.

Un budget de 20 millions d'euros

Le RTRA regroupe, à Montpellier et à Avignon, 30 unités de recherche et près de 800 chercheurs de haut niveau. Sa structure juridique est celle d'une fondation de coopération scientifique qui lui procure souplesse et réactivité dans le contexte actuel de compétition internationale.

Dotation initiale : 20 millions d'euros, dont 17 en provenance de l'État.

réseau

L'Inra participe à 4 RTRA parmi les 13 retenus par le Gouvernement.

+d'infos
sur le Web : www.recherche.gouv.fr/discours/2006/listepmrtra.pdf

en bref

L'Europe des hommes
L'Inra a pour objectif de recruter 15 % de scientifiques européens en 2010. Par ailleurs, l'Institut a déjà mis en place trois sites d'accueil labellisés « Marie Curie », l'un à Versailles et les deux autres à Jouy-en-Josas, qui comptent aujourd'hui plus de cinquante jeunes chercheurs étrangers. Financées par la commission européenne, les actions « Marie Curie » offrent différentes possibilités de formation et de mobilité à l'étranger pour les chercheurs.

Prospective avicole
L'Inra lance en septembre 2007 une étude prospective sur la filière avicole, conduite avec l'Institut technique de l'aviculture (Itavi) et l'appui de la profession avicole. Ce travail, d'une durée de deux ans, permettra de définir les principaux scenarios possibles d'évolution de la filière et d'orienter les priorités de recherche et de développement.


© DR

BaSysBio
Le projet intégré européen BaSysBio - Bacillus Systems Biology - coordonné par l'Inra, mobilisera sur quatre ans quinze organismes de recherche européens et une université australienne. L'objectif est d'étudier le fonctionnement global d'une bactérie modèle : *Bacillus subtilis*. Les connaissances obtenues seront étendues à des bactéries pathogènes, ouvrant le champ à des applications dans les domaines de la santé et de l'environnement. Le financement du programme s'élève à douze millions d'euros.



INTRODUIRE des animaux résistants au portage de la bactérie permettra de limiter la propagation de l'épidémie dans un élevage.

Des poulets résistants aux salmonelles

Plus de la moitié des intoxications alimentaires collectives sont dues à des salmonelles. D'après des recherches récentes, il sera bientôt possible de sélectionner les volailles génétiquement résistantes au portage de ce germe. Couplée à la vaccination, cette stratégie s'avérerait très efficace pour prévenir la maladie.

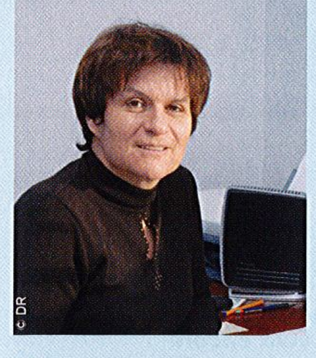
La salmonelle, bactérie pathogène, est capable d'infecter les ovaires de poules et de contaminer les œufs avant la formation de leur coquille, sans que ces animaux ne présentent de symptômes. D'où la difficulté de les détecter et de les écarter de la production. Ces porteurs sains ainsi que leurs œufs peuvent donc être à l'origine d'intoxications alimentaires. Voici pourquoi des chercheurs de l'Inra, associés à l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa), s'intéressent à des poulets capables, grâce à divers mécanismes de défense immunitaire, d'éliminer la bactérie… donc résistants à ce « portage » sain. À la tête du projet, Catherine Beaumont, de l'Unité de recherches avicoles du centre Inra de Tours, nous en présente l'organisation : « *Au centre Inra de Tours, nous évaluons la résistance à la salmonelle des jeunes poulets et cherchons à comprendre les mécanismes en jeu, tandis qu'à Ploufragan (Côtes-d'Armor), l'Afssa mesure la résistance des adultes. Le centre Inra de Toulouse identifie les gènes impliqués.* »

Sélectionner cette résistance

En pratique, l'étude de cette résistance consiste à contaminer des animaux, puis à rechercher les salmonelles plusieurs semaines après l'inoculation. Les volailles résistantes auront éliminé la totalité des germes, les volailles sensibles, non. « *Nous avons montré que des différences de résistance existaient entre lignées, ce qui suggérait fortement un rôle de la génétique* », explique Catherine Beaumont. Cette étude est menée de front chez le poussin et chez l'adulte, les mécanismes pouvant varier avec la maturité de l'animal.

Plusieurs mesures de la résistance (présence et quantité de salmonelles dans différents organes comme la rate, les ovaires…) confirment l'intérêt d'une sélection des animaux. Pour ce faire, on trie les frères et sœurs des animaux sensibles ou résistants. Avec plusieurs objectifs : démontrer que l'on peut améliorer les caractéristiques génétiques qui confèrent cet « atout », rechercher les conséquences éventuelles d'une telle sélection sur d'autres caractères (ponte, poids…) et obtenir une lignée génétique originale et utilisable en recherche.

QUESTIONS À


© DR

Catherine Beaumont

UNITÉ DE RECHERCHES AVICOLES, CENTRE INRA DE TOURS

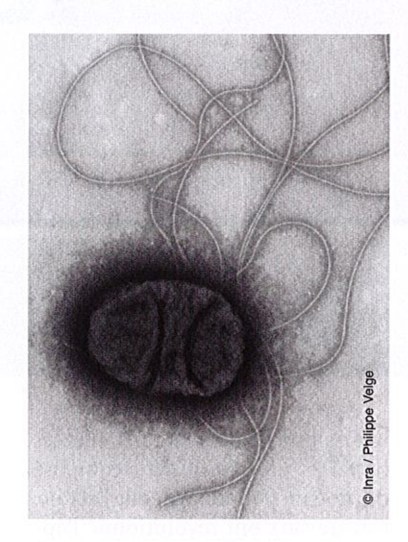
« Nous avons repéré onze zones chromosomiques impliquées dans le contrôle de la résistance »



Pouvez-vous préciser les gènes impliqués dans cette résistance au portage ?
Nous avons commencé par tester deux gènes candidats, connus pour leur effet chez la souris. L'un est impliqué dans la résistance aux germes intracellulaires, comme les salmonelles ou les leishmania, l'autre semble contrôler la résistance à certaines familles de bactéries (dites Gram^{-}), dont font également partie les salmonelles. Mais ces deux gènes ne sont apparemment pas les seuls à entrer en jeu. Nous avons donc élargi cette recherche et repéré, sur différents chromosomes, onze zones impliquées dans le contrôle de la résistance. Grâce aux données et au matériel génétique accumulés lors de l'expérience de sélection, nous avons pu tester l'intérêt de ces zones, parmi lesquelles quatre ont montré leur importance chez l'animal adulte. Bien que ces résultats restent à confirmer, ils ouvrent déjà de nombreuses perspectives, fondamentales et appliquées.

Comment vos résultats peuvent-ils s'appliquer aux élevages ?
Différentes stratégies sont possibles, par exemple croiser les animaux issus de notre sélection avec ceux des élevages ou encore créer de nouvelles lignées. Dans tous les cas, il faut aussi étudier l'influence de cette stratégie sur les critères d'ordre économique, comme le poids des animaux ou le taux de ponte. En effet, trier les poulets selon leur résistance oblige à être moins sélectif sur les autres critères.

+d'infos
contact : Catherine Beaumont
catherine.beaumont@tours.inra.fr


© Inra / Philippe Velge

LA SALMONELLE, ici visible en microscopie électronique, est une bactérie pathogène, responsable de nombreuses intoxications alimentaires chez l'homme.

À la recherche des « bons » gènes

Parallèlement, les équipes de l'Inra de Tours et de Toulouse recherchent les gènes impliqués dans cette résistance au portage. Leur identification devrait permettre la mise au point d'un test génétique capable d'identifier les animaux résistants sans avoir besoin de leur inoculer la maladie. De quoi simplifier la sélection en vue d'une application commerciale. Cette recherche se décline en trois temps. D'abord, on recense des gènes candidats, dont on connaît des homologues chez une autre espèce animale, comme la souris. Puis, cette première approche se poursuit par une recherche systématique des chromosomes impliqués : onze régions réparties sur cinq chromosomes ont d'ores et déjà été identifiées pour leur effet sur la résistance. Enfin, on teste l'expression de tous les gènes potentiellement impliqués. Cela passe par une étude ciblée des gènes de la réponse immunitaire et par une recherche beaucoup plus large portant sur l'ensemble du génome.

Des modèles mathématiques

En collaboration avec l'université du Havre pour les aspects mathématiques, les chercheurs de l'Inra de Tours ont également mis au point des modèles qui simulent l'évolution de la contamination au sein d'une population de poulets. Ces modèles reproduisent les différentes étapes de la transmission (depuis la contamination par la bactérie jusqu'à son élimination par le système immunitaire). Le même type de simulation permet d'évaluer la production journalière d'œufs contaminés. « *Ces simulations nous permettent de préciser les méthodes de prévention à employer pour limiter la dissémination de l'infection* », précise Catherine Beaumont. Résultat très encourageant : « *l'introduction d'au moins 25 % de poulets résistants dans une population permet de réduire d'autant le risque de contamination* », reprend la chercheuse. En couplant cette stratégie à une vaccination des volailles, on obtient une méthode très efficace pour limiter l'impact d'une infection à salmonelle dans un élevage.

Patricia Chairopoulos

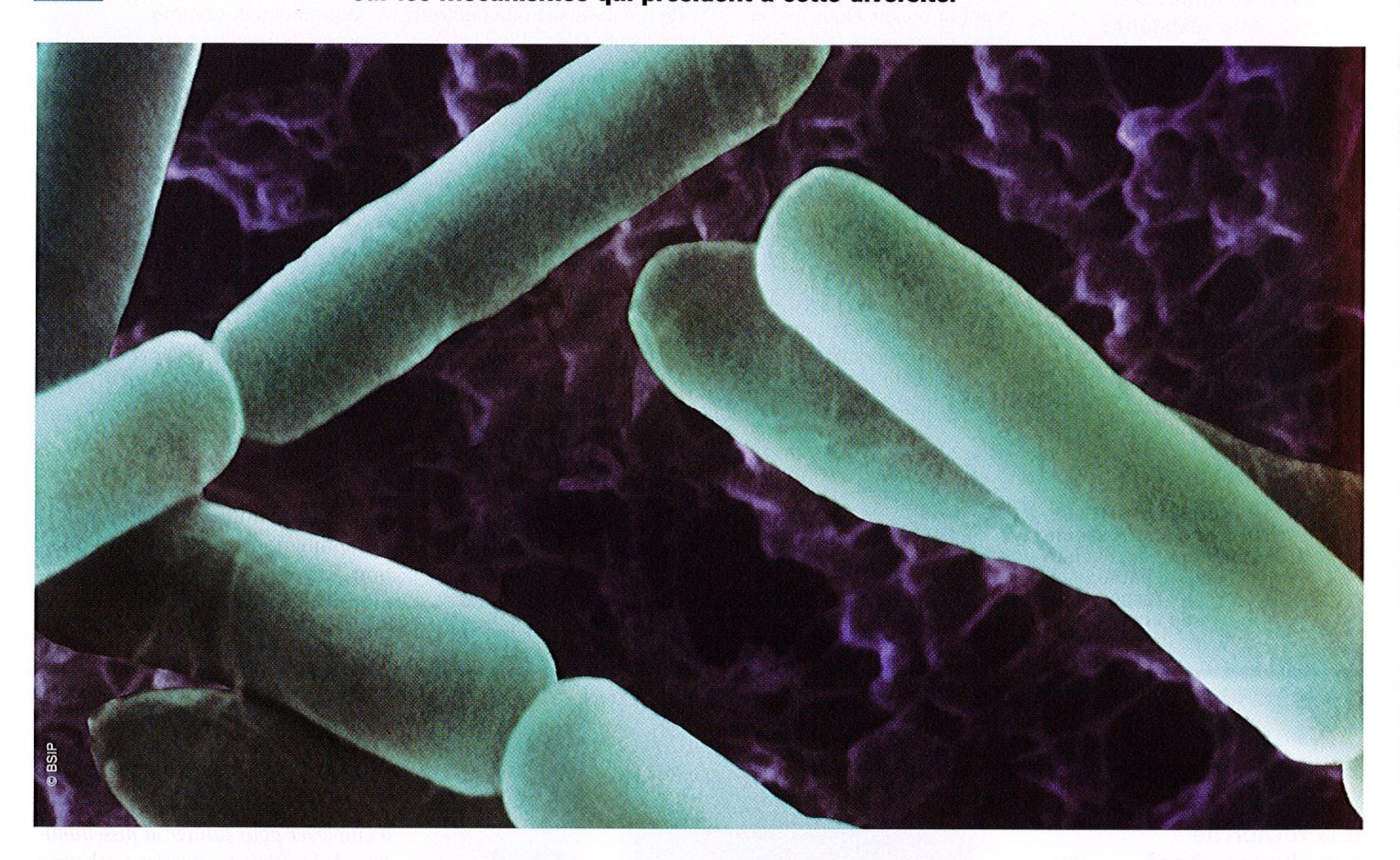
repères

64 % **des foyers** de toxi-infections alimentaires collectives, dont l'agent responsable a été identifié sont attribués à la salmonelle.

3,8 % **des élevages français** de volailles sont contaminés par *Salmonella enteritidis*.

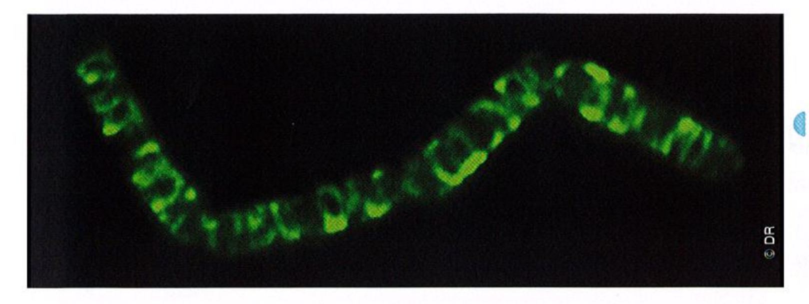
La découverte d'un cytosquelette bactérien

Sphériques, incurvées, fuselées, hélicoïdales ou en bâtonnet, les bactéries possèdent de nombreuses formes dont l'origine était encore méconnue il y a peu. Mais des travaux récents nous éclairent sur les mécanismes qui président à cette diversité.



BACILLUS SUBTILIS **révèle très bien sa forme de bâtonnet en microscopie électronique à balayage.**

Chez les organismes supérieurs, les cellules (eucaryotes) possèdent un réseau de filaments protéiques, en particulier des filaments d'actine, qui leur donne leur forme. Ce réseau, appelé cytosquelette, est le squelette interne des cellules. Mais une telle organisation intracellulaire n'avait jamais été mise en évidence chez les bactéries. Pendant des décennies, on a pensé que la paroi rigide qui enveloppe les cellules bactériennes (procaryotes) était le seul déterminant de leur forme. Il était donc admis que les cellules procaryotes n'avaient pas de cytosquelette. Or, il y a cinq ans, Rut Carballido-López et ses collègues ont montré qu'il existe aussi, chez les bactéries, un cytosquelette composé de protéines homologues de l'actine. Ces travaux ont révolutionné l'approche scientifique sur l'architecture de la cellule bactérienne et sur l'origine et l'évolution du cytosquelette. Toujours en collaboration avec l'équipe britannique, elle vient de publier des résultats qui précisent l'organisation et les rôles de ce fameux squelette bactérien. *« Trois protéines forment des filaments hélicoïdaux qui, à la manière d'un échafaudage, longent l'intérieur de la membrane de* Bacillus subtilis, *la bactérie modèle sur laquelle nous travaillons,* explique-t-elle. *J'avais caractérisé l'une des trois*



GRÂCE À DES MARQUEURS FLUORESCENTS, on visualise les filaments hélicoïdaux du squelette de la bactérie.

protéines durant ma thèse, il restait à le faire pour les deux autres, et surtout à déterminer leurs rôles respectifs. »

Un jeu de construction impliquant trois protéines

Ces protéines bactériennes sont des homologues de l'actine, une des protéines du cytosquelette des cellules des organismes supérieurs. En utilisant différentes techniques, les chercheurs commencent à comprendre leur fonctionnement. *« Deux de ces actines bactériennes dirigent, sur l'échafaudage hélicoïdal, la synthèse de nouvelles couches de la paroi rigide et épaisse de la bactérie,* résume Rut Carballido-López. *La troisième introduit des coupures dans la paroi pour permettre son expansion et l'insertion de nouvelles briques pendant la croissance de cette paroi. C'est l'action concertée de ces actines bactériennes qui est responsable de la forme finale de la bactérie.* »

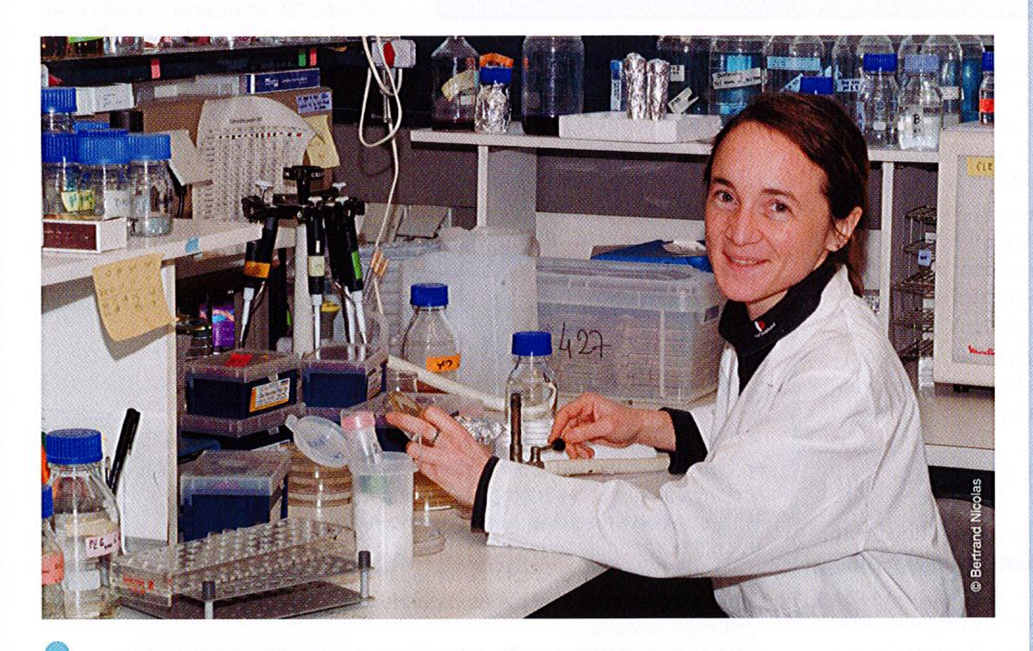
Ces travaux marquent une grande avancée dans la connaissance de l'architecture des bactéries. *« À terme, on peut espérer que cela contribue à trouver de nouveaux antibiotiques, qui s'attaquent spécifiquement à la paroi bactérienne par exemple, et aussi à mieux connaître les mécanismes de la croissance et de la division cellulaire. »*

Frédéric Vladyslav

+d'infos

contact : Rut Carballido-López, rut.carballido-lopez@jouy.inra.fr

Carballido-López, R., Formstone, A., Li, Y., Ehrlich, S. D., Noirot, P., and Errington, J. (2006) **Actin Homolog MreBH Governs Cell Morphogenesis by Localization of the Cell Wall Hydrolase LytE**, Dev Cell 11, 399-409



RUT CARBALLIDO-LÓPEZ, de nationalité espagnole, a débuté ses études supérieures en France. Ingénieure en biochimie (INSA Lyon), elle a ensuite effectué un DEA à l'Institut Pasteur (Paris). Son travail de thèse, à l'Université d'Oxford (Royaume-Uni), a notamment donné lieu à la publication révélant l'existence du cytosquelette bactérien. A l'issue d'un post-doc à l'Inra, elle a été recrutée comme chercheuse dans l'unité « Génétique microbienne » du centre Inra de Jouy-en-Josas.

en bref

Dopage équin

Grâce à une étude que lance l'Inra, les professionnels du cheval misent sur un nouvel indicateur biologique du dopage à l'hormone de croissance. En effet, d'ici 2008, les scientifiques de l'Inra se sont fixé pour objectif d'identifier la « signature génique » qui apparaît alors dans les globules blancs.

Revenus agricoles

Selon l'Inra et l'Insee, un foyer d'agriculteurs sur deux déclarait en 2003 un revenu non agricole, contre 40 % en 1997. Essentiellement le fait du conjoint, la pluriactivité se développe. Elle est d'autant plus fréquente que le couple est jeune et d'autant plus élevée que le revenu agricole du foyer est modeste. Ces foyers pluriactifs ont un revenu agricole inférieur de 10 % à celui des foyers monoactifs, mais grâce à l'activité extérieure ils disposent d'un revenu total qui est supérieur de 80 %.

Programmation immunitaire

Des chercheurs de l'Inra et de la société Nestlé ont étudié l'influence de l'allaitement maternel dans la formation de la flore microbienne intestinale du nouveau-né. Ils montrent que des bactéries de l'intestin de la mère, en transitant par le lait maternel, contribuent à la colonisation de l'intestin du bébé et jouent donc un rôle dans la mise en place de son immunité.

Métabolisme du soufre

Une étude de l'Inra, du CNRS et de l'Ecole pratique des hautes études (EPHE) montre que les cellules de l'intestin humain sont capables d'obtenir de l'énergie en oxydant des molécules de sulfure d'hydrogène (H_2S), un gaz malodorant et toxique pour l'homme.

Conserver le peuplier noir sauvage, gardien des berges de la Loire

Le peuplier noir est l'espèce dominante des forêts des bords de Loire. Conserver la diversité de son peuplement sauvage, pour préserver le milieu naturel, est un défi majeur que l'Inra d'Orléans se charge de relever.


© Inra / Marc Villar

ÉLANCÉ OU PLUS TRAPU, le peuplier noir sauvage arbore des formes variées qui doivent être préservées pour que les bords de Loire gardent leur biodiversité naturelle.

La Loire compose un paysage marqué par la végétation de ses berges : dans cette forêt riveraine, le peuplier noir est l'espèce dominante, et la première à coloniser les bancs de sable et de graviers formés par le déplacement du lit du fleuve. *« La présence de peupliers noirs montre qu'un fleuve est dynamique »*, explique Marc Villar, chargé de recherche dans l'Unité amélioration, génétique et physiologie forestières, à l'Inra d'Orléans.

La population sauvage en danger

Mais le peuplier noir est doublement menacé, et le milieu naturel avec lui. D'une part, l'aménagement et l'exploitation des cours d'eau (pour l'irrigation, l'extraction de granulat ou encore l'implantation des barrages) réduisent les crues nécessaires à sa régénération. D'autre part, les peuplements naturels s'hybrident avec les peupliers cultivés pour le bois ou l'ornement qui, reproduits à l'identique par bouturage, présentent une diversité génétique plus faible. *« Or, à travers le brassage génétique, la diversité permet l'adaptation et une meilleure résistance aux modifications du milieu naturel »*, souligne Marc Villar.

Assurer la diversité

La conservation du peuplier noir sauvage est donc essentielle. L'Inra vient ainsi de terminer un inventaire des populations de peupliers dans leur milieu d'origine sur la Loire, et a réuni une collection de 350 variétés représentatives de la diversité française. La démarche de l'Inra s'inscrit dans un objectif européen de gestion de l'écosystème et implique de nombreuses collaborations (encadré). Au-delà de la conservation du peuplier noir, c'est la sauvegarde de la forêt riveraine qui est recherchée. *« Elle absorbe les excès de nitrates et de phosphates,* précise Marc Villar, *et outre son effet paysager, elle abrite une flore et une faune variées. »* ●

F.V.

+d'infos

contact : Marc Villar, marc.villar@orleans.inra.fr

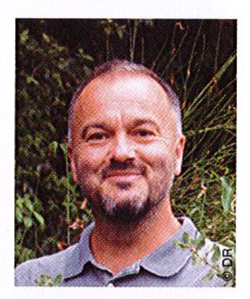
Des collaborations à toutes les échelles

- **L'Inra d'Orléans** constitue le plus grand centre de recherche en France sur les peupliers. Généticiens, biologistes moléculaires, écophysiologistes et zoologistes y participent.
- **La conservation des peupliers noirs *in situ*** est menée en collaboration avec les organismes de protection de milieux naturels locaux sur des sites du réseau européen **Natura 2000,** des conservatoires d'espaces naturels et le réseau des réserves naturelles fluviales.
- **La conservation *ex-situ*** est assurée par la pépinière forestière de l'État, à Guémené-Penfao, en Loire-Atlantique.
- **À l'échelle européenne, le réseau Euforgen** (European Forest Genetic Resources Programme) a pour but de promouvoir la conservation et l'utilisation raisonnée des ressources génétiques forestières.

INTERVIEW

Les jeunes vaches à bonne école en montagne

Dans les alpages, certaines vaches sont capables de grimper de fortes pentes. Talent inné ou acquis ? Une équipe de l'Inra d'Avignon a mené l'enquête. Son responsable, Michel Meuret, nous explique ses observations.


© DR

Pouvez-vous nous dire comment des vaches, animaux réputés assez peu agiles, peuvent pâturer sur des pentes de montagne très abruptes ?

Michel Meuret : À en croire les écrits scientifiques, des pentes de 30 à 50 % ne sont effectivement pas des milieux pour vaches laitières, même dans le cas de races réputées très rustiques. Pourtant, nous avons trouvé en Savoie des troupeaux constitués de races diverses, Tarentaise, Abondance, mais aussi Montbéliarde, qui paissent avec la même aisance sur des pentes particulièrement raides. Races diverses, mais même compétence, que les éleveurs attribuent à une éducation donnée aux jeunes animaux.

Pour certains éleveurs, l'apprentissage aux pentes se fait de façon très structurée et en deux temps. D'abord, avec les lots de veaux âgés de 6 à 8 mois, qui sont conduits en « parc-écoles », sur des zones comprenant du plat, mais aussi des coteaux, du pré et des bosquets... Les veaux rentrent chaque jour par le bas et doivent rejoindre l'abreuvoir et les blocs à sel placés en haut du parc. Ensuite, les éleveurs mélangent leurs génisses de 2 ans à celles de 3 ans, déjà expérimentées, ce qui favorise l'apprentissage social. Cette éducation dure jusqu'à l'entrée en production laitière. Et les résultats sont concluants, car les éleveurs ont constaté que des vaches Montbéliardes adultes, introduites dans les troupeaux après avoir été élevées en plaine, n'étaient vraiment pas capables des mêmes performances !


© Inra / Michel Meuret

Des veaux découvrant en parc d'apprentissage pentu qu'il est plus aisé de brouter à la montée qu'à la descente.

Pourquoi le centre Inra d'Avignon s'est-il intéressé à l'élevage des vaches dans les alpages ?

M. M. :
Nous ne sommes pas spécialistes des milieux montagneux, mais des milieux pâturés broussailleux, sur lesquels nous avons beaucoup travaillé dans le cadre de la prévention des incendies de forêt. C'est le réseau Herbivorie, une initiative du CNRS, qui a fait appel à nous pour examiner comment des activités pastorales pouvaient être réintroduites dans la Réserve de chasse et de faune sauvage du massif des Bauges. Il faut savoir qu'elles en avaient été exclues lors de la création de la réserve, il y a une quarantaine d'années. Et, comme à l'accoutumée, on se rend compte à présent que l'absence de pâturage domestique laisse libre court à l'envahissement par les broussailles et les grosses herbes, ce qui nuit à la faune sauvage remarquable ; dans ce cas, au tétras-lyre, un gallinacé de montagne.

Quelles conclusions tirez-vous de vos études ?

M. M. :
À ce stade, il s'agit pour nous de donner du sens à ces pratiques empiriques d'élevage. Elles nous incitent à creuser la question de l'acquisition des compétences, par apprentissage, chez l'animal d'élevage. Par ailleurs, ces pratiques ont déjà du sens pour les politiques agri-environnementales en montagne. Il faut inciter à inclure des parcs d'apprentissage dans les contrats de pâturage. Ceci pour éviter que des troupeaux ne restent cantonnés, comme on le voit parfois, aux terrains les plus plats, avec pour conséquences surpâturage, érosion et chute de production laitière. ●

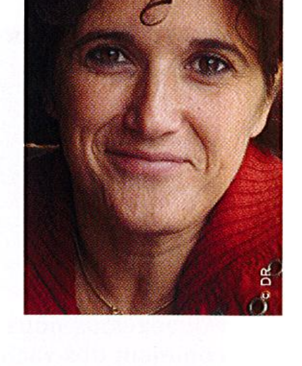
Propos recueillis par Valérie Devillaine

+d'infos

- **contact :** Michel Meuret, meuret@avignon.inra.fr
- **publication :** article paru dans *Natures Sciences Sociétés*, décembre 2006.

La bibliothèque du génome végétal

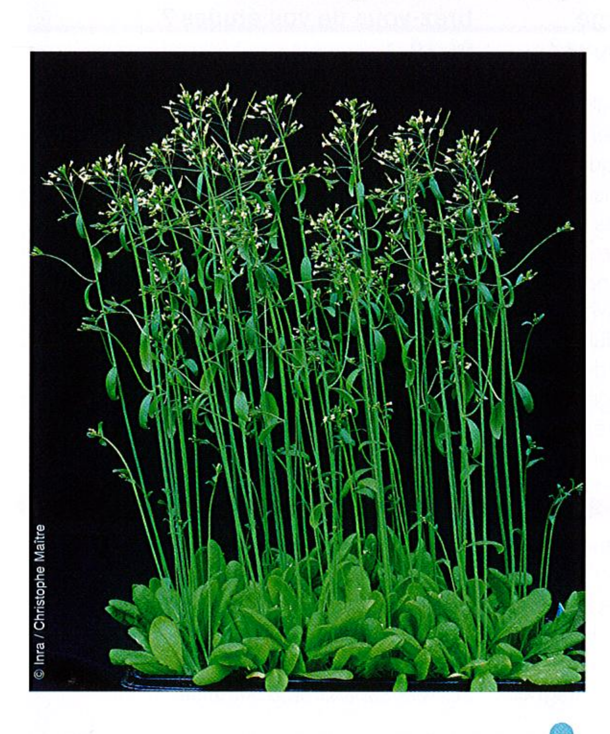
C'est à Toulouse qu'a été créé il y a trois ans le Centre national de ressources génomiques végétales (CNRGV), une unité de recherche de l'Inra inaugurée officiellement le 7 septembre 2007. Plus de cinq millions d'échantillons d'ADN végétaux y sont conservés. Présentation des collections avec Hélène Bergès, directrice du CNRGV.



© DR.

Quels types d'échantillons peuvent se procurer les chercheurs auprès du CNRGV ?

Hélène Bergès : Le CNRGV s'intéresse aux plantes cultivées, comme le blé, le colza, la tomate, le piment, le tournesol, la vigne, etc., ainsi qu'aux plantes modèles comme *Arabidopsis thaliana*, de la même famille que le colza, ou *Medicago truncatula*, nom scientifique de la luzerne. Dans tous les cas, ce sont des parties de génome que nous conservons. Nous en diffusons des copies soit sous la forme de clones unitaires (clones d'ADNc ou clones de BAC : Bacterial Artificial Chromosome) soit sous la forme de banques ou de sous-ensembles de banque (de plusieurs milliers d'échantillons). Aucun scientifique ne travaille sur un génome entier car celui-ci peut compter jusqu'à plusieurs milliards de nucléotides, les constituants élémentaires de l'ADN et de l'ARN ! C'est pourquoi nous fragmentons le génome avec des enzymes, sorte de ciseaux moléculaires. Et pour manipuler plus facilement ces fragments, nous les insérons dans des BAC qui sont répliqués dans la bactérie *Escherichia coli*.



© Inra / Christophe Maître

Plante expérimentale : *Arabidopsis Thaliana*.

D'où proviennent ces collections ?

H. B. : Pour l'essentiel, il s'agit de matériel génomique accumulé ces dernières années par les chercheurs de l'Inra, notamment dans le cadre de Génoplante (programme national fédérateur de recherche en génomique végétale commencé en 1999). Le CNRGV a pour mission de conserver ce patrimoine et de l'enrichir, mais aussi de le rendre accessible à tous les chercheurs, de laboratoires publics, principaux demandeurs et surtout intéressés par nos échantillons de plantes modèles, mais aussi de laboratoires privés. Les commandes de l'étranger constituent par ailleurs plus de 60 % de notre clientèle.

Le rôle du CNRGV ne s'arrête pourtant pas là ?

H. B. : Le CNRGV a aussi pour mission de développer des méthodes et des outils technologiques pour analyser le génome, comme la recherche de gènes d'intérêt. Ainsi, nous sommes impliqués, avec le laboratoire « Génétique et amélioration des fruits et légumes » de l'Inra d'Avignon, dans un projet de recherche de gènes de résistance du piment à certains virus. Nous collaborons aussi à un projet international de séquençage du chromosome 7 de la tomate (1) avec le laboratoire « Génomique et biotechnologie des fruits » (Inra - Ecole nationale supérieure agronomique de Toulouse).

Quels sont les défis à relever ?

H. B. : Depuis notre installation dans de nouveaux locaux, en décembre 2006, le CNRGV, c'est-à-dire une équipe de douze personnes, a enrichi ses collections de plus de deux millions de nouveaux échantillons, aujourd'hui soigneusement conservés à -80°C. Cela a été possible grâce à la démarche de qualité mise en œuvre dès septembre 2005 et, plus précisément, grâce à l'adoption du standard international « ISO 9001 ». Cette norme fixe des exigences applicables par n'importe quel organisme qui veut démontrer sa capacité à fournir régulièrement un produit de qualité et obtenir la satisfaction de ses clients. Notre défi vise l'amélioration continue en étant à la pointe des technologies à haut débit pour répondre au mieux aux besoins de la communauté scientifique !

Magali Sarazin

+d'infos

contact : Hélène Bergès, Helene.Berges@toulouse.inra.fr
http://cnrgv.toulouse.inra.fr

partenaires :
- la région Midi-Pyrénées
- le ministère de la Recherche
- l'Union européenne
- l'Institut fédératif de recherche « Signalisation cellulaire et biotechnologie végétale »
- la génopole Toulouse Midi-Pyrénées.

(1) Solanaceae Genomics Network : http://www.sgn.cornell.edu



Puiser le carburant dans les plantes

Enquête réalisée par **Benjamin Masson**
avec la collaboration de **Stéphane Cadoux,**
Stéphane De Cara, Benoît Gabrielle
et **Ghislain Gosse**

Puiser le carburant dans les plantes

Les biocarburants substituent, dans les transports, une part du pétrole, par une ressource renouvelable issue des plantes. Ils répondent, de fait, à trois objectifs : rechercher une alternative partielle au pétrole, lutter contre les émissions de gaz à effet de serre et diversifier les débouchés agricoles. Le Brésil et les Etats-Unis d'Amérique font figure de pionniers : ils utilisent à grande échelle, respectivement, la canne à sucre et le maïs pour produire du bioéthanol-carburant. L'Europe s'est engagée dans cette voie plus récemment et de manière significative depuis le début des années 2000. L'expansion de nouvelles plantes dédiées à la production énergétique ou la réorientation d'espèces cultivées jusqu'alors à des fins alimentaires, ainsi que les choix industriels dessineront le paysage agricole et établiront l'assise économique et sociale de ce virage énergétique. De nombreux enjeux techniques, environnementaux, socioéconomiques émergent, nécessitant des investigations de la recherche agronomique et des innovations. L'Inra a inscrit cette problématique dans le contrat d'objectifs qu'il a signé avec l'Etat pour la période 2006-2009.

1 Cadrage

Une politique en faveur des biocarburants

L'emballement des cours du pétrole il y a deux ans a joué un rôle de catalyseur permettant aux biocarburants de prendre place dans le paysage énergétique français. Mais c'est leur contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre qui légitime l'intérêt nouveau des politiques et des citoyens, et ce sont les perspectives de nouveaux marchés qui motivent agriculteurs et industriels.

Utiliser les plantes pour produire du carburant ou des produits chimiques à la place du pétrole est un concept qui fait son chemin. Sur quels fondements ? Les plantes produisent de la matière organique (ou biomasse) grâce à la photosynthèse. Cette biomasse composée de carbone organique est abondante et « renouvelable » par opposition au pétrole ou au charbon qui contiennent du carbone fossilisé depuis des millions d'années. Le concept de « carbone renouvelable » rassemble toutes les ressources énergétiques potentielles issues du monde vivant : une grande diversité de plantes, d'arbres ou de déchets organiques…
Il suggère également des complémentarités entre leurs usages : carburants, biogaz et chimie « verte », ce dernier secteur étant sans doute le plus prometteur pour se substituer à la pétrochimie.
Trois préoccupations motivent le recours au carbone renouvelable et aux biocarburants : la nécessaire réduction des gaz à effet de serre, l'épuisement des ressources en pétrole et le soutien des marchés agricoles autrefois abrités derrière le parapluie de la politique agricole commune mais aujourd'hui de plus en plus concurrencés par des pays aux coûts de production plus faibles.



RÉCOLTE d'une parcelle de *Miscanthus giganteus* sur le site expérimental d'Estrées-Mons (Somme).

Réduire les émissions de gaz à effet de serre

Il y a consensus : le changement climatique est amorcé, et les activités humaines en sont une cause non négligeable. Les moteurs qui brûlent du pétrole comptent parmi les premières sources d'émissions de gaz à effet de serre. Produire des carburants à partir de plantes représente une solution opportune car elle permet de substituer en partie du carbone d'origine fossile par du carbone renouvelable. En effet, le CO_2 émis par la combustion des biocarburants est prélevé dans l'atmosphère par les plantes utilisées comme matière première, ce qui a pour conséquence un bilan entrées/sorties en CO_2 proche de la neutralité ou positif (cf. partie 4). La contribution des biocarburants même marginale est donc bienvenue pour respecter nos engagements pris dans le cadre du Protocole de Kyoto et diminuer l'émission globale de gaz à effet de serre.

Se préparer au *Peak Oil*

Réduire la dépendance énergétique européenne est un enjeu important face aux incertitudes sur l'approvisionnement en provenance des pays exportateurs (Russie , Moyen-Orient). Mais il s'agit surtout de faire face au rapprochement présumé du « *Peak Oil* », date à laquelle la production pétrolière mondiale entamera son déclin inéluctable, en raison de l'épuisement des ressources. Au-delà du débat d'experts sur l'échéancier, l'IFP Innovation, Energie, Environnement (ex Institut français du pétrole), estime que « *c'est la maîtrise de la période de transition qui constitue l'enjeu majeur pour les années à venir. [...] Pour éviter de fortes tensions politiques et économiques, il est essentiel de préparer, dès à présent, la transition énergétique. Il s'agit d'assurer la disponibilité du pétrole le plus longtemps possible, pour les usages où il est irremplaçable aujourd'hui, tout en accélérant le développement des énergies alternatives* ». C'est dans cette perspective que l'Inra concentre ses travaux sur l'évaluation des filières biocarburants actuelles et leur amélioration, mais aussi sur le développement d'une deuxième génération de biocarburants, au rendement énergétique supérieur.

Soutenir les prix agricoles

Le troisième enjeu est celui des débouchés agricoles. Les biocarburants se positionnant sur un marché « de masse » créent un appel d'air sur l'ensemble des marchés agricoles. Une étude prospective publiée en février 2006 par l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques, réunissant trente pays développés) envisage l'accroissement de la demande en matières premières agricoles énergétiques, avec des fortes conséquences sur l'ensemble des cours mondiaux agricoles. Ces perspectives de débouchés supplémentaires apparaissent d'autant plus

La photosynthèse dans le cycle du carbone

Les végétaux et certains micro-organismes sont capables de fixer le CO_2 de l'air pour en faire de la matière végétale. La photosynthèse met en jeu quatre éléments indispensables : l'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le dioxygène (O_2) et la lumière. Au cœur des cellules s'opère alors une réaction dont la formule littérale est dioxyde de carbone + eau + lumière = glucose (un sucre simple) + oxygène. Le glucose est ensuite transformé en composés plus complexes (glucides, lipides ...) par différentes voies métaboliques de la plante. Le carbone contenu dans la plante est donc celui qu'elle a prélevé dans l'atmosphère.

importantes que s'ouvre à nouveau un débat sur la forme du soutien communautaire au secteur agricole et sur le devenir de la Politique agricole commune (PAC) après 2013. Paradoxalement, au niveau mondial cela necessite de veiller à un équilibre entre productions alimentaires et non alimentaires.

Il est clair que la politique européenne de promotion des biocarburants vise à satisfaire ces trois objectifs mais les poids donnés à chaque cible varie d'un Etat membre à l'autre. Les grands pays agricoles européens tels que la France ou l'Allemagne accordent de l'importance à l'objectif de soutien de la production agricole communautaire alors que des pays moins agricoles, la Suède par exemple, auront plus facilement recours aux importations de biocarburants, dans le cas suédois, de bioéthanol brésilien.

+d'infos
sur le Web :
www.ipcc.ch/pub/un/syrfrench/spm.pdf
www.ifp.fr/IFP/fr/decouvertes/gds_debats/avenir/reserves/IFP_ReservesDePetrole_OuEnEstOn.pdf
www.ifp.fr/IFP/fr/evenement/panorama/IFP-Panorama07_05-Biocarburants_Monde_VF.htm
www.oecd.org/dataoecd/58/59/36074219.pdf
www.inra.fr/la_science_et_vous/chimie_verte

L'EUROPE AFFICHE SES AMBITIONS

Depuis 2001, rapports, plans, directives et mesures européennes en faveur du développement des biocarburants se succèdent, soulignant une véritable accélération du calendrier politique de l'Union. Et de fait, entre 2003 et 2005, la part des biocarburants dans la consommation de carburants a doublé dans les transports routiers. Elle ne représente encore à peine plus de 1% (l'objectif de la Commission européenne était d'atteindre 2% en 2005). Les objectifs fixés précipitent la cadence : 5,75% du marché des carburants en 2010 ; 10% en 2020 et 20% en 2050. Le gouvernement français, comme d'autres (Autriche, République tchèque, Allemagne, Suède…) a anticipé les échéances en fixant un taux d'incorporation de 7% dès 2010. Ces objectifs seront-ils réalistes ? La Commission européenne s'attend à ce que les biocarburants remplacent 4% des carburants pétroliers en 2010 et 10% en 2020. L'Europe s'est pour l'instant orientée principalement vers le biodiesel (avec une part de marché de 1,6%), ce qui correspond à l'orientation de son parc automobile, le bioéthanol incorporé dans l'essence occupant une place moindre (0,4% du marché de l'essence).
Les aides agricoles, les obligations règlementaires d'incorporation et surtout les réductions fiscales jouent un rôle très important dans le développement des biocarburants. La Politique agricole commune offre deux dispositifs de soutien aux cultures énergétiques : l'autorisation de cultiver les surfaces en jachères en cultures non alimentaires (surfaces intégrées dans le calcul du montant de l'aide à l'exploitation) et l'octroi d'une aide spécifique aux cultures énergétiques (lorsqu'elles sont cultivées hors jachères) s'élevant en 2007 à 45 euros/ha dans la limite de 2 millions d'hectares dans l'Union européenne. Ces dispositifs s'appliquent à tous les Etats membres. En revanche, les réductions de taxes (pour la France : la TIPP, Taxe intérieure sur les produits pétroliers) varient entre Etats membres. De ce fait, la situation européenne est contrastée. L'Allemagne qui a supprimé les taxes sur le biodiesel et la Suède qui détaxe les voitures flex-fuel ont ainsi atteint respectivement 3,7% et 2,2% de biocarburants sur le marché, tandis que la Belgique n'a pas encore démarré de programme incitatif.
Cultiver ou seulement consommer des biocarburants ? Les positions divergent. La Suède et les Pays-Bas préfèrent importer la matière première peu chère en provenance du Brésil pour l'éthanol (canne à sucre)



DANS LE MONDE, le principal biocarburant est l'éthanol, majoritairement produit au Brésil à partir de canne à sucre et aux Etats-Unis à partir de maïs.

ou de Malaisie (huile de palme) pour le biodiesel. L'Allemagne, la France et l'Italie veulent, au contraire, s'appuyer sur leur surface agricole pour produire localement, avec une limite majeure : la concurrence avec la production alimentaire. L'alternative se pose entre des filières d'importation et le développement de l'utilisation des déchets ou d'une deuxième génération de biocarburants utilisant les plantes entières moins « coûteuse » en surfaces, en énergie et en soutien ; ou un mixte des deux stratégies.

d'après la communication d'économistes de l'Inra au colloque « Biofuels, Food and Feed Tradeoffs », 12-13 avril 2007, St Louis (USA).





LE COLZA est à l'origine du biodiesel européen actuel.

« Le palmier à huile, quatre fois plus productif que le colza, pourrait se positionner rapidement sur le marché des biodiesels »

2 Agriculture

Cultiver un bouquet énergétique

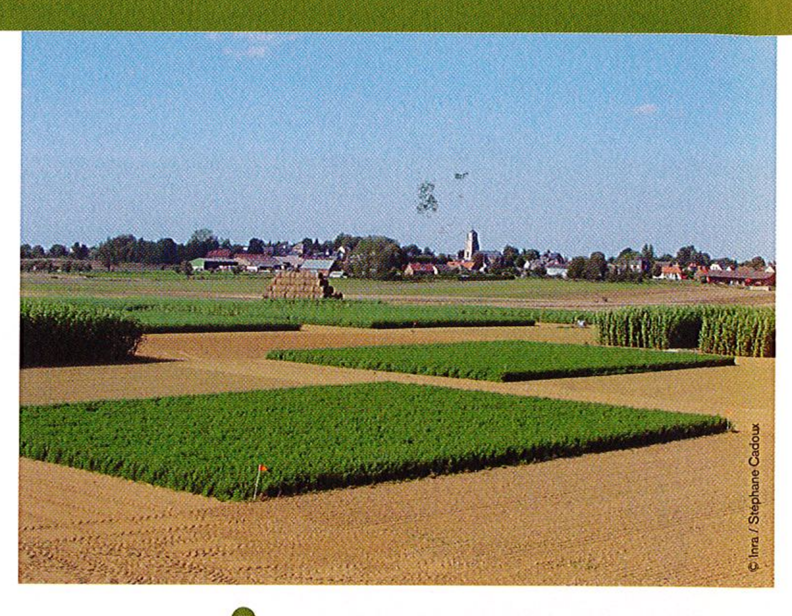
Les objectifs politiques en faveur des biocarburants, ambitieux, font voler en éclats le modèle d'approvisionnement actuel ! La recherche explore d'autres scénarios dont les plus séduisants exploitent le potentiel énergétique de la biomasse totale issue d'une grande diversité de plantes et de résidus.

En France, deux grandes filières biocarburants cohabitent. D'une part, les huiles végétales (colza essentiellement, et marginalement tournesol) sont transformées en ester par réaction avec un alcool (le méthanol) pour donner du biodiesel, incorporé au gazole. D'autre part, l'éthanol issu de blé ou de betterave à sucre peut être incorporé directement au super sans plomb ou mélangé à de l'isobutène pour obtenir l'ETBE (éthyl tertiobutyl ether). L'ETBE et le biodiesel ne nécessitent aucune modification des moteurs existants. Celle-ci est en revanche nécessaire pour alimenter les moteurs directement en bioéthanol, principal biocarburant à l'échelle internationale. La France expérimente actuellement des moteurs flex-fuel, pouvant fonctionner indifféremment avec de l'essence ou de l'« E85 », un mélange d'environ 80 à 85% d'éthanol et de 20% d'essence. En Suède, pionnière en Europe, le parc de moteurs flex-fuel a décuplé depuis 2000. Au Brésil, ces moteurs représentent 70% du parc automobile (chiffres 2005, IFP, panorama 2007). Néanmoins, l'Europe se singularise par une forte part du diesel : il concentre la moitié du parc automobile et 70% des nouvelles immatriculations.

Un changement de génération nécessaire

L'ETBE et le biodiesel ont permis d'initier le développement de la filière biocarburant en France. Quelque 800 000 hectares « énergétiques » sont cultivées en 2006, répartis entre 680 000 ha de colza, 54 000 ha de tournesol, 20 000 ha de blé et 22 000 ha de betterave. Cependant, ces deux filières montrent leurs limites : le colza produit peu d'énergie par hectare ; le blé et la betterave en produisent davantage mais avec un bilan énergétique global moins favorable. Couvrir les besoins énergétiques en carburant reviendrait à cultiver à cet

effet la quasi-totalité de la surface agricole française ! Ce ne sera donc qu'une solution très partielle de substitution aux carburants pétroliers. La période actuelle apparaît comme une phase de transition entre deux « générations » de biocarburants. La différence entre les deux : la matière première. Les biocarburants actuels n'exploitent qu'une partie des plantes : l'huile issue des graines d'oléagineux pour le biodiesel et l'amidon du blé, du maïs ou le sucre de la betterave pour l'éthanol. La seconde génération utilise la plante entière dont la lignocellulose, c'est-à-dire le squelette et les parois cellulaires des plantes.



ESSAI DE CULTURES ÉNERGÉTIQUES
sur le site expérimental d'Estrées-Mons (Somme).

Accroître le rendement à l'hectare

Classiquement, on mesure le rendement des cultures en quintaux (1 q = 0,1 tonne) par hectare. Dans le cas de ressources énergétiques, il est plus pertinent de l'évaluer en « tonnes équivalent pétrole » ou « TEP » afin de comparer les ressources énergétiques entre elles. La transformation de la plante entière permet de valoriser les tiges et racines et donc, à la fois, de maximiser le rendement énergétique à l'hectare et de limiter les surfaces nécessaires. L'Inra a montré qu'il était alors possible de produire environ 5 TEP à l'hectare. À titre de comparaison, dans les filières de première génération, le colza plafonne à 1,2 TEP/ha, le blé à 1,7 TEP/ha, et la betterave entre 2 et 3 TEP/ha.

Dans cette perspective, les recherches ne ciblent pas une plante, mais envisagent une palette d'espèces permettant de tirer le meilleur parti du climat local (ressources en eau et température), du type de sol et des systèmes de culture ou forestiers déjà en place. Pour préparer cette évolution, l'Inra teste six espèces dans le cadre du projet REGIX (voir encadré). « *Il nous faut des espèces qui concilient une très forte productivité à l'hectare et une faible consommation d'intrants (fertilisation, pesticides, eau, travail), autant pour l'environnement que pour la viabilité économique des filières* » précise Stéphane Cadoux, chercheur à l'Inra.

Transition vers les cultures pérennes

Triticale, sorgho, luzerne, fétuque ou encore miscanthus et switchgrass sont comparés dans leurs modes de culture. « *Nous suivons l'azote dans le sol et dans la plante, le taux de matières organiques, les émissions de gaz à effet de serre et l'évolution de la structure du sol pour établir les meilleurs itinéraires techniques, les meilleurs rythmes et les bonnes dates de récolte*, résume Stéphane Cadoux. *Les plantes pérennes apparaissent comme de bonnes candidates, notamment les espèces comme le miscanthus ou le switchgrass qui ont une excellente efficience d'utilisation des ressources à leur disposition (eau, nutriments comme l'azote ou le phosphore). Elles produisent peu de graines et sont donc moins sujettes aux ravageurs. Quant à la quantité de travail, l'année est calme dans un champ de miscanthus ! L'implantation se fait pour 20 ans, nos systèmes sont conçus sans irrigation et la récolte se fait idéalement entre février et avril lorsque les feuilles sont tombées et restituent l'azote au sol* » explique le chercheur. Moins connus, les taillis forestiers sont aussi suivis de près à l'Inra car ils peuvent valoriser des sols pauvres, humides ou difficiles d'accès. « *En France, sur un potentiel de biomasse de 40 à 50 millions de TEP, nous estimons que les cultures actuelles en représenteront 3 millions, le bois tournera autour de 8 millions et le reste viendra des cultures dédiées aux biocarburants* », évalue Ghislain Gosse, responsable d'une mission « valorisation de la biomasse » à l'Inra.

Partenariat

Évaluer le gisement lignocellulosique agricole et forestier français

Le projet REGIX est l'un des projets du Programme national de recherche sur les bioénergies (PNRB). Il vise à créer un référentiel et des méthodes pour évaluer le gisement potentiel en ressources lignocellulosiques agricole et forestière pour la bioénergie en France. Associant l'Inra, l'institut technique Arvalis - Institut du végétal et l'interprofession Onidol, l'Association forêt cellulose (Afocel), l'union des coopératives forestières françaises (forêt privée), l'office national des forêts (forêt publique), des partenaires agricoles de la Picardie, Champagne-Ardenne et région Centre, ce projet a permis la mise d'un réseau expérimental de parcelles couvrant l'ensemble des situations de sol et de climat auxquelles seront confrontées les espèces végétales à valorisation énergétique. L'Inra mobilise un de ses domaines expérimentaux (180 ha) situé à Mons (Picardie) et représentatif des zones agricoles du nord du bassin parisien et des grandes zones céréalières de l'Europe.



Adapter les systèmes de production

Puisqu'il s'agit de convertir des plantes entières en carburants, il est possible de mélanger sur une même parcelle plusieurs espèces pour tirer parti de synergies possibles entre elles. L'association avec une légumineuse (pois + blé ; robinier + peuplier) limite la fertilisation azotée tout en maintenant la productivité. L'agroforesterie constitue une autre voie mêlant sur une même parcelle des arbres et des cultures annuelles. Ces associations nécessitent une concordance de maturité : des récoltes ayant des taux d'humidité différents alourdiraient le coût de transport et perturberaient certaines réactions lors du processus de transformation.
L'innovation passe aussi par les complémentarités à trouver entre les systèmes d'élevage et de cultures énergétiques. On sait déjà valoriser les effluents d'élevage sous diverses formes de compostage et de lisiers transformés en énergie dans des unités de méthanisation. Les tourteaux, coproduits de la transformation du colza en huile, servent à l'alimentation animale. Leur prix a d'ailleurs notablement baissé avec le développement du biodiesel. Réfléchir à ces flux de matières et d'énergies entre systèmes de production ouvre sur tout un ensemble de questions pour l'Inra.



VÉHICULE fonctionnant au bioéthanol, présenté au Salon de l'Agriculture 2007.

+d'infos

sur le Web :
http://europa.eu.int/comm/energy/res/biomass_action_plan/doc/2005_12_07_comm_bio mass_action_plan_fr.pdf
http://europa.eu.int/comm/research/leaflets/energy/fr/04.html
www.industrie.gouv.fr/energie/renou/biomasse/f1e_biom.htm

contact :
Ghislain Gosse, chargé de la mission « valorisation de la biomasse » à l'Inra, ghislain.gosse@mons.inra.fr
Stéphane Cadoux, stéphane.cadoux@mons.inra.fr

LES DIFFÉRENTES RESSOURCES POUR LES BIOCARBURANTS DE SECONDE GÉNÉRATION

Les biocarburants de deuxième génération peuvent provenir de résidus agricoles et industriels, des ressources forestières et des cultures spécifiquement dédiées à cette production.

Les sous-produits agricoles et résidus industriels

Déjà disponibles, les résidus et coproduits d'origine agricole, industrielle ou urbaine constituent la première source de matière première végétale utilisable. La récolte de grains laisse par exemple au champ les pailles des céréales, les rafles de maïs, les tiges de colza ou de tournesol… lorsqu'elles ne sont pas utilisées en élevage. Cette paille disponible se trouve essentiellement dans le Bassin parisien.
Une étude, dénommée Cartopaille, conduite en 2005 en région picarde a évalué que sur les 2,5 Mt de paille de céréales produites, 625 000 t pourraient être exploitées à des fins énergétiques. Les chercheurs insistent sur la gestion parcellaire de ce « prélèvement » du fait du risque de baisse de la matière organique des sols. Certains résidus industriels sont aussi valorisables. Beaucoup plus dispersés, les résidus lignocellulosiques urbains provenant des produits déjà recyclés telles que les palettes, cagettes… posent souvent un problème de collecte et de présence d'impuretés (peintures, fongicides) qui peuvent nuire à la transformation en éthanol.

Le bois et ses sous-produits

La forêt couvre plus d'un quart de la France métropolitaine (entre 15 et 16 M ha). Les récoltes de bois devraient augmenter sous l'effet conjugué d'une croissance en surface et en hauteur, due à la maturité des forêts en exploitation. Cependant, intensifier les coupes peut fragiliser les écosystèmes forestiers (acidification, tassement des sols, érosion de la biodiversité). En revanche, le secteur bois génère déjà de grandes quantités de branchage, petits bois et souches dont une partie est laissée au sol : environ 1 m^3 de bois non exploité pour 1 m^3 de bois valorisé. Claude Roy, coordinateur interministériel pour la valorisation de la biomasse, estime qu'à l'horizon 2050 la moitié du petit bois restant après l'abattage pourrait être utilisable pour des usages bioénergétiques.

Les cultures annuelles

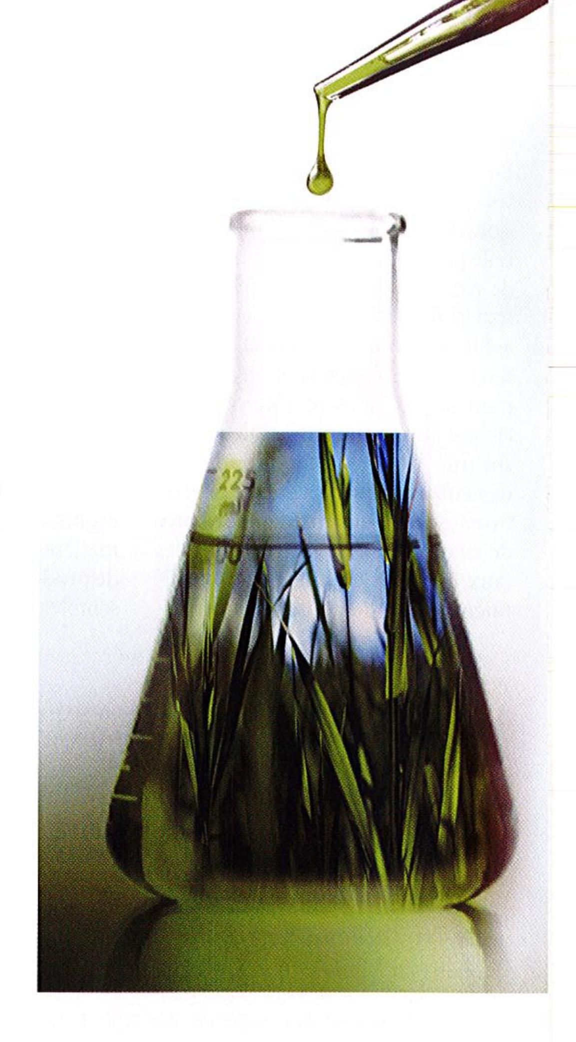
La plante entière au-delà de ses seules graines permet déjà de gagner en efficacité énergétique. Parmi les céréales, le blé a l'avantage d'être bien adapté aux conditions climatiques de l'hexagone. Le triticale utilisé en alimentation animale est plus rustique, donc plus résistant aux aléas climatiques et aux maladies ; il produit aussi plus de paille que le blé. Le maïs pâtit de son besoin en eau tandis que le sorgho résiste mieux à la sécheresse. Les cultures annuelles peuvent produire de 10 à 25 t MS / ha selon les zones et les variétés.

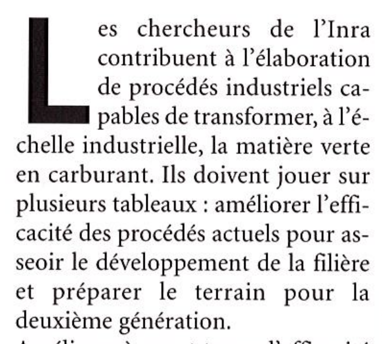
Les plantes pérennes

Les plantes pérennes ont l'avantage d'obtenir une production lignocellulosique élevée avec peu d'intrants. C'est pourquoi des attentes importantes reposent sur ces cultures.
L'attention se concentre sur les graminées pérennes dont le miscanthus semble offrir le plus gros potentiel de production (de 10 à 30 t MS/ha/an). Moins exigeant en eau, le *switchgrass* pourrait le remplacer dans les régions plus sèches de l'hexagone. En général moins productif que le miscanthus, ses rendements vont de 10 à 20 t MS/ha/an. Pour étudier ces plantes encore mal connues, la recherche s'appuie sur sa connaissance d'espèces proches comme le maïs et la canne à sucre.
La fétuque élevée et la luzerne apparaissent également productives en biomasse : entre 13 à 20 t MS/ha/an pour la fétuque, de 7 à 15 t MS/ha/an pour la luzerne. Légumineuse, cette dernière ne nécessite pas d'apport azoté. Au contraire elle en enrichit le sol grâce à l'activité symbiotique de ses racines avec des bactéries fixatrices de l'azote atmosphérique.
Les arbustes, cultivés sous forme de taillis à « (très) courtes rotations », ont un rendement en biomasse de l'ordre de 10 t MS/ha/an. Ils présentent surtout l'avantage d'une collecte moins fréquente mais plus importante, ce qui réduit les coûts. Le peuplier est une des espèces les mieux adaptées, mais aussi le saule, l'eucalyptus ou le robinier, ce dernier appartient à la famille des légumineuses et convient aux climats tempérés et méditerranéens grâce à une bonne résistance à la sécheresse.

3 Process
Transformer la biomasse en carburant

L'Inra capitalise sa connaissance pointue du vivant pour faire émerger de nouveaux itinéraires de transformation afin de convertir la biomasse lignocellulosique en carburants





Les chercheurs de l'Inra contribuent à l'élaboration de procédés industriels capables de transformer, à l'échelle industrielle, la matière verte en carburant. Ils doivent jouer sur plusieurs tableaux : améliorer l'efficacité des procédés actuels pour asseoir le développement de la filière et préparer le terrain pour la deuxième génération.

Améliorer à court terme l'efficacité énergétique de la fabrication de bioéthanol tient dans la contraction des deux étapes de transformation : la digestion de l'amidon pour obtenir du sucre, puis la fermentation du sucre pour obtenir l'alcool d'éthanol. Pour le biodiesel, un des objectifs des chercheurs de l'Inra est d'augmenter la capacité d'extraction de l'huile contenue dans les graines. Les chercheurs s'appuient sur la physiologie de la plante et s'intéressent notamment à des petits organites dont ils ont observé le rôle sur la production d'huile : les oléosomes.



Lever les verrous technologiques

« *Travailler sur l'ensemble de la plante suppose de maîtriser la transformation des matières lignocellulosiques ce qui permettrait aussi de valoriser les forêts et les ordures ménagères. Tout l'enjeu est de « débobiner » les composants de la plante pour obtenir des carburants ou de la chaleur ou des molécules chimiques* », résume Ghislain Gosse. On sait déjà transformer les « plantes entières » en « sucre », puis en alcool, par fermentation enzymatique, mais au prix de pré-traitements thermiques ou chimiques fort coûteux. Selon le même principe que pour l'amidon, des enzymes pourraient assurer l'ensemble de ces traitements, pour faire du tout en un, à l'instar de la digestion alimentaire. « *Le plus gros enjeu pour la recherche est de mettre au point cette stratégie basée sur les enzymes. Nous ne devrions pas aboutir avant 10 ou 15 ans car, à la différence de l'amidon contenu dans les graines et utilisé pour les carburants de première génération, nous travaillons sur une matière première très complexe. Nous devons d'abord mieux connaître les parois des cellules de la plante et élucider les interactions entre la plante et les enzymes. Mais nous sommes au seuil d'une nouvelle ère avec le développement d'enzymes sur mesure et beaucoup plus performantes. Nous allons pouvoir les considérer comme des machines à l'échelle nanoscopique que nous pourrons modifier à façon. C'est*



Une bioraffinerie avec zéro déchet

Le pôle de compétitivité « Industries et Agro-Ressources » (IAR) installé entre Picardie et Champagne-Ardenne rassemble les acteurs de la recherche, Inra en tête, de l'enseignement et de l'industrie de ces deux régions autour d'un axe commun : les valorisations non alimentaires du végétal. Pour atteindre cet objectif ambitieux, le pôle IAR a défini quatre domaines d'actions stratégiques regroupés sous le concept de bioraffinerie : les bioénergies, les biomatériaux, les biomolécules et les ingrédients alimentaires. Son but ? Découvrir assez d'applications complémentaires pour utiliser d'une manière ou d'une autre 100 % des composants de la plante. Une raffinerie verte avec zéro déchet.

« Lorsqu'elles sont sèches, les différentes plantes lignocellulosiques ont un contenu énergétique du même ordre de grandeur : 3 tonnes de paille ou de bois sec équivalent à une tonne de pétrole. »



LA TRANSFORMATION de la plante entière (tiges ou pailles, feuilles et racines) permet d'améliorer fortement le rendement énergétique des cultures.

Enzymes et champignons travaillent à l'usine

Partenariat

L'hétérogénéité de la composition des sources de biomasse représente une des contraintes de leur conversion en biocarburant. Néanmoins, tous les types de biomasses partagent la présence de trois composés majeurs : la cellulose, les hémicelluloses et les lignines. L'objectif est de déstructurer ce réseau de macromolécules pour les rendre accessibles aux micro-organismes (champignons et bactéries) et aux enzymes. Il faut d'abord broyer la matière première. Puis vient une phase d'hydrolyse. Elle peut être chimique (action d'un acide) ce qui est efficace mais comporte un risque de corrosion du matériel et d'effluents toxiques. C'est pourquoi la recherche se tourne vers une approche enzymatique plus « propre » mais qui s'avère difficile à mener « totalement » car les moûts ligneux contiennent des pentoses récalcitrants à la fermentation. Ce sont eux qui préoccupent actuellement les scientifiques du « génie métabolique et fermentaire » de l'Inra basée à Marseille et Toulouse. C'est là que se situe un saut technologique avec la possibilité de produire une large famille de molécules de base, les synthons, ouvrant les différentes voies de la chimie verte. L'éthanol n'est alors qu'un débouché parmi d'autres.

Le projet européen de recherche NILE (*New Improvements for Lignocellulosic Ethanol*) vise à dépasser ces barrières biotechnologiques. Initié fin 2005 pour une durée de 4 ans, il cible des microorganismes et des enzymes permettant de convertir massivement la lignocellulose en éthanol et s'appuie sur une unité pilote de production d'éthanol lignocellulosique.

là que se trouvera la révolution », explique Michael O'Donohue chercheur dans une unité de recherche commune à l'Inra et à l'Institut national des sciences appliquées de Toulouse (voir encadré).

+d'infos

sur le Web :
www.iar-pole.com
www.nile-bioethanol.org/index.html

contact :
Marcel Asther, projet Nile, marcel.asther@esil.univ-mrs.fr
Paul Colonna, Paul.Colonna@nantes.inra.fr (chef du département Inra « caractérisation et élaboration des produits issus de l'agriculture »
Michael O'Donohue, Insa-Inra, michael.odonohue@insa-toulouse.fr



AVANT LA MISE EN PLACE des filières de deuxième génération, les chercheurs tentent de déterminer les plantes et les techniques culturales les plus appropriées. Ici, le triticale

4 Bilans

Evaluer l'intérêt des biocarburants

L'incitation et le soutien publics à la production de biocarburants en Europe reposant sur différents motifs, leur intérêt se mesure donc à l'aune d'un bilan global qui doit être avantageux en termes énergétique, environnemental et économique pour les agriculteurs, les territoires, la nation et… la planète. Pour l'instant, ce bilan fait débat.

De nombreux enjeux sont associés au développement des biocarburants et évoluent dans un contexte incertain à l'échelle planétaire : changement climatique, évolution des régimes alimentaires, gouvernance commerciale internationale… Ce qui complique d'autant les stratégies d'orientation et leur évaluation. L'Inra tâche d'éclairer les choix en développant des analyses multicritères.

Bilan économique immédiat proche de zéro

Une étude menée par des économistes de l'Inra (2005) a permis d'évaluer les coûts et les bénéfices des cultures énergétiques de première génération sur la base du scénario 2010 (5,75% d'incorporation de biocarburants). Le coût des biocarburants est calculé en tenant compte des coûts de la matière première agricole, de logistique et de transformation, dont sont soustraits les recettes des co-produits (tourteaux de colza et drèches de blé). Les résultats sont neutres et dépendent des coûts externes. Ils montrent par ailleurs que les bénéfices énergétiques et économiques des biocarburants de première génération ne sont pas suffisants pour que ces derniers puissent remplacer de grandes quantités de ressources pétrolières. « Le bilan coûts-avantages de la filière calculé pour 2010, avec un prix du pétrole estimé à 65 dollars/baril, est proche de zéro » concluent les chercheurs de l'unité de recherche Économie publique Inra-Agro ParisTech. Or, fin 2006, le cours du pétrole de la mer

du Nord ne s'établissait qu'à 58 dollars le baril… Cependant les chercheurs font remarquer que « si l'on tient compte de la valeur attribuée aux réductions des émissions de CO_2 (20 euros/tonne CO_2), le bilan devient légèrement positif », et que cette valeur monétaire, bien que supérieure au cours actuel, est sans doute sous-évaluée au regard du coût des dommages réels des gaz à effet de serre.
Compte tenu de cette analyse, les biocarburants de première génération ont surtout apporté depuis 1993 un soutien à l'agriculture et à l'agro-industrie avant d'être une alternative énergétique immédiatement rentable pour la collectivité.

Bilans environnementaux à consolider

L'autre bilan des filières biocarburants est environnemental et énergétique. Pour le dresser, les chercheurs utilisent la méthode de l'analyse de cycle de vie (dite « ACV »), seule méthode ayant fait l'objet de normes internationales (ISO 14040 à 43). Elle intègre les impacts des biocarburants « du champ à la roue» (traduction française du « Well to wheels », puits à la roue), c'est-à-dire l'ensemble des étapes de la filière. Les impacts sont regroupés en grandes catégories liées à différents enjeux environnementaux : épuisement des ressources non renouvelables (comme le pétrole), réchauffement climatique, toxicité pour les humains, la faune et la flore, dégradation des écosystèmes, etc. Ces impacts s'évaluent à différentes échelles : la planète pour le réchauffement climatique, le bassin versant pour la pollution de l'eau par exemple.
Plusieurs bilans de ce type ont été réalisés à des niveaux national et européen afin de comparer les biocarburants aux carburants fossiles. Elles concluent sur l'intérêt des premiers pour limiter l'utilisation des seconds et les émissions de gaz à effet de serre avec cependant des écarts entre les études. Ceux-ci peuvent s'expliquer à la fois par la méthode et par les incertitudes associées aux données utilisées. En France, l'étude commanditée par l'Ademe (Agence pour le développement de l'énergie et la maîtrise de l'énergie) et la Direm (Direction des ressources énergétiques et minérales du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie) en décembre 2002 porte sur les biocarburants de la première génération et leur est très favorable. Au niveau européen, l'étude JCR/Concave/Eucar (Commission européenne et deux associations liées aux compagnies pétrolières et constructeurs automobiles, mai 2006), plus nuancée dans ses résultats, s'intéresse également aux biocarburants de deuxième génération. Elle conclut que l'éthanol produit à partir de grains de blé permet une réduction d'environ 30 % de la consommation d'énergie fossile et 22% d'émission de gaz à effet de serre par rapport à une filière essence conventionnelle. La substitution du gazole par du biodiesel de colza conduit à une réduction d'environ 64 % de la consommation d'énergie fossile et de 53 % des émissions de gaz à effet de serre. La substitution par des biocarburants de la deuxième génération, issus de résidus forestiers et agricoles et des déchets de papeterie, porterait ces réductions aux alentours de 90%. Cette estimation se rapproche du bilan de l'éthanol de canne à sucre qui permet aujourd'hui les plus fortes économies d'énergie fossile (presque 100%) et de gaz à effet de serre émis (environ 85 %) car les besoins énergétiques de la conversion du sucre en alcool sont assurés par les résidus de canne (la bagasse). L'étude socioéconomique Inra de 2005 a également calculé les économies d'énergie fossile réalisées en utilisant les biocarburants dans le scénario 2010 : évaluées entre 1,5 et 2 M TEP, elles sont bien modestes par rapport à la consommation totale de pétrole en France : 92,8 M TEP (2004) dont 43 M TEP pour les transports.

PARCELLE AGROFORESTIÈRE près de Vézénobres. Moisson de blé dur.



Du local au global

Le bilan environnemental concerne aussi les pollutions locales liées aux pratiques agricoles : pertes de nitrates, résidus de pesticides, impact sur la biodiversité. L'approche par analyse du cycle de vie conclut en général à un effet négatif des biocarburants par rapport aux carburants fossiles, qui ne génèrent pas ce type d'impacts. Néanmoins cette méthode est peu adaptée à la prise en compte de ces impacts territoriaux, car elle raisonne sur un champ agricole « moyen » et gomme les caractéristiques locales. Une évaluation plus fine de l'impact nécessite de se situer explicitement dans le bassin d'approvisionnement d'une usine de biocarburants et de prendre en compte l'évolution des systèmes de cultures qui découle de ce nouveau débouché économique. En France, le rem-


© Inra / René Canta

COUPE DE BOIS de robinier



L'Europe pourrait adopter une écocertification qui interdirait d'importer des biocarburants issus de terres nouvellement défrichées, par exemple.

placement actuel de céréales destinées à l'alimentation par du colza énergétique aura un impact relativement mineur, sauf si le cahier des charges du biodiesel évoluait vers des modes de conduite du colza à bas niveaux d'intrants. En revanche, la substitution des mêmes céréales par des cultures pérennes (pour les biocarburants deuxième génération) devrait permettre de réduire de façon substantielle la pression agricole sur l'environnement.

Toutefois ce raisonnement doit être appliqué sur toute la planète et il est vraisemblable que le développement des biocarburants soit compensé par une intensification de la production alimentaire, aggravant sur ces surfaces la pression environnementale. D'où la nécessité de traiter la question des impacts locaux... au niveau global !

Place dans le paysage agricole

La concurrence des terres entre usages alimentaire et énergétique est un autre point de débats. En 1993, les cultures énergétiques ont été implantées sur les terres mises en jachère dans le cadre de la PAC. Le colza était privilégié parce qu'il permettait d'occuper la plus large surface en jachère en raison de sa faible productivité par hectare. Dans la période de transition d'ici 2010-2015, l'ester dérivé de l'huile de colza sera toujours le principal biocarburant européen : 27,5 millions d'hectolitres prévus contre 9,3 millions d'hectolitres pour l'éthanol. Ce choix s'explique par les structures de raffinage nouvellement créées et par la prédominance du gazole sur l'essence. Les surfaces de colza nécessaires devront être multipliées au moins par six pour atteindre l'objectif de production fixé pour 2010. Selon les projections de l'Inra, la compétition entre les cultures alimentaires et énergétiques devient alors flagrante. La question se pose dès aujourd'hui dans la mesure où les surfaces de colza énergétique ne se cantonnent plus aux jachères.

Les biocarburants de deuxième génération devraient lever ce verrou puisqu'ils « recyclent » des sous-produits et résidus et parce qu'ils ne se positionnent a priori pas sur les meilleures terres. Cependant les modèles scientifiques ne sont pas encore suffisamment validés pour que les chercheurs soient parvenus à un consensus sur la question.

Quant au développement des filières, il dépend largement des aspects économiques liés à la « masse » végétale à collecter, stocker, manutentionner. Selon les biocarburants, la taille assurant la viabilité des bioraffineries varie, ainsi que la configuration des bassins d'approvisionnement sur le territoire.

Notons également l'impact sur le paysage : si 10% du territoire étaient couverts par des grandes herbacées et par des taillis de peupliers ou de robiniers, leur hauteur et leur densité fermeraient l'horizon. Ces évolutions peuvent être encore plus fortes dans les grands pays producteurs du Sud en modifiant les équilibres entre forêts et surfaces agricoles.

Vers une économie plus économe !

Au regard de ces différents bilans et analyses, les filières de biocarburants apparaissent comme une étape vers une économie plus sobre en carbone fossile. La première génération a mis en route la dynamique. D'ici 2015, le développement des filières devrait permettre d'optimiser les technologies dans les bioraffineries et de maîtriser la transformation de la deuxième génération de biocarburants .

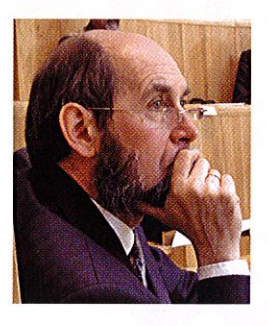
+d'infos

- **Les biocarburants de deuxième génération**, J. Cormeau, G. Gosse (Inra), article à paraître dans la revue Demeter, 2007.
- **L'ambivalence des filières biocarburants**, Jean-Claude Sourie, David Tréguer et Stelios Rozakis, Inra sciences sociales, 2005. Texte accessible sur : www.inra.fr/internet/Departements/ESR/publications/iss/pdf/iss05-2.pdf
- **Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburant**, Ademe / Direm. Rapport d'après les travaux d'Ecobilan PricewaterhouseCoopers, novembre 2002
- **Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context**, Well-to-Wheels CONCAWE, EUCAR, JRC. mai 2006.

REGARD

Bernard Chevassus-au-Louis

Refonder la recherche agronomique



Directeur de recherche en génétique des poissons à l'Inra, Bernard Chevassus-au-Louis a été directeur de l'Inra (1992-1996), président du Muséum National d'Histoire Naturelle (2002-2006), du conseil d'administration de l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 1997-2002) et préside actuellement le conseil scientifique du Cirad.

L'École supérieure d'agriculture d'Angers vient de publier un fascicule reprenant une « leçon inaugurale » que vous avez présentée aux étudiants leur démontrant la nécessité de refonder la recherche agronomique. D'où part votre réflexion ?

Bernard Chevassus : Elle est née de la tension entre le défi alimentaire à l'horizon 2050 et ce que peut faire la recherche agronomique pour le relever. Entre le néolithique et l'an 1000, l'agriculture a permis de nourrir jusqu'à 200 millions d'hommes. Depuis 1850, la recherche agronomique a contribué à fournir aujourd'hui la nourriture de six milliards d'humains. Mais dans les cinquante années à venir, il faudra encore doubler la capacité alimentaire de la planète. Certains agronomes pensent que l'agriculture y arrivera essentiellement par une amélioration des conditions économiques et sociales. Pour d'autres, dont je fais partie, il y a un défi technique dès lors que les recettes agronomiques d'aujourd'hui trouvent des limites de plus en plus évidentes.

Comment expliquez-vous ces limites ?

B. C. : La recherche agronomique s'est isolée de deux sources d'inspiration fécondes. Un premier clivage s'est fait entre l'espace humain et la nature, soit pour l'agriculture, entre agrosystème (cultivé) et écosystème (sauvage). Comme s'il n'y avait rien à apprendre l'un de l'autre. Cette rupture a tracé la montée en puissance de l'agronomie au XIX[e] siècle. Par exemple, lorsque Liebig découvre vers 1840 la nutrition minérale des plantes, sa découverte est révolutionnaire car elle rompt avec la spécificité du vivant par rapport à la matière inerte. La fertilité des sols devient un bilan d'éléments chimiques : azote, phosphate, potassium. C'est le début de la chimie agricole et de l'artificialisation des systèmes productifs, affranchis des lois de la nature.

La deuxième rupture s'est opérée vis-à-vis des approches sociétales empiriques. Elle prend racine dans la révolution scientifique du XVIII[e] siècle quand on commence à dénoncer les savoirs profanes comme peu fiables et empreints de superstitions. La science se construit, elle, sur une page blanche, via l'expérimentation ! Cette représentation reste vraie : on regarderait encore étrangement un scientifique qui proposerait d'étudier l'effet de la lune sur la croissance des plantes. Comme si c'était un début de compromission de la science…

En se professionnalisant, la recherche a laissé les phénomènes naturels et sociétaux à la porte de ses laboratoires. De manière paradoxale, la logique d'innovation a transposé sur le terrain la manière de faire en laboratoire. Les sciences sociales ont été, de ce fait, marginalisées au profit d'une fascination pour les sciences exactes : plus on se rapproche des mathématiques, plus on se débarrasse des dimensions sociétales. Ainsi, l'alimentation est devenue l'étude des aliments ce qui permet de désocialiser la question, puis l'aliment a été décomposé en nutriments, c'est-à-dire des éléments chimiques. Du coup, les sciences sociales se transforment le plus souvent en producteurs de critiques expliquant pourquoi telle innovation ne marche pas…

Que faudrait-il revoir dans l'approche actuelle ?

B. C. : Travaillant sur des objets simplifiés et déconnectés de la nature et de la société, la recherche agronomique a centré son mode d'intervention sur la maîtrise de variables de forçage externes –- engrais, irrigation, produits phytosanitaires, etc. –- permettant d'atteindre une production optimale. Par exemple, montrer qu'éclairer un poulailler vingt heures par jour augmente la croissance des poules tient d'une observation liée à ce que j'appelle la variabilité de forçage. C'est par rapport à cet optimum que l'on a en outre créé des variétés génétiquement « améliorées ». Cette approche conduit à manquer d'informations en dehors de ces systèmes de production optimisés, en particulier sur le pilotage de systèmes utilisant davantage la gestion des processus biologiques et écologiques.

Comment faire ?

B. C. : Il s'agit de retrouver des sources d'imagination en se réappropriant ces deux piliers que sont l'écologie au sens large et la démarche d'innovation sociétale, par les gens eux-mêmes ou en partenariat avec la recherche. C'est ce que j'ai appelé « l'agronomie intégrale ». Les agriculteurs trouvent des innovations et des pratiques ici et maintenant qui leur permettent de vivre. Elaborer ces optima locaux et temporaires de la viabilité est aussi noble qu'une grande révolution technologique. La recherche a, il me semble, toute sa place pour s'insérer dans le jeu des acteurs et en améliorer les capacités innovantes, avec l'ambition d'en tirer des résultats ou des hypothèses valables dans d'autres contextes.

Propos recueillis par Catherine Donnars

+d'infos

Biodiversité un nouveau regard ; refonder la recherche agronomique, B. Chevassus-au-Louis, Leçon inaugurale 2006, ESA d'Angers, 2007.

INRA DE NANTES

Les produits céréaliers alvéolaires révèlent leurs structures

Des corn flakes plus croustillants, un pain plus moelleux ? Les chercheurs de l'Inra de Nantes mettent au point des méthodes en laboratoire pour évaluer les propriétés sensorielles de ces produits céréaliers et déterminer les facteurs propres à leur texture.

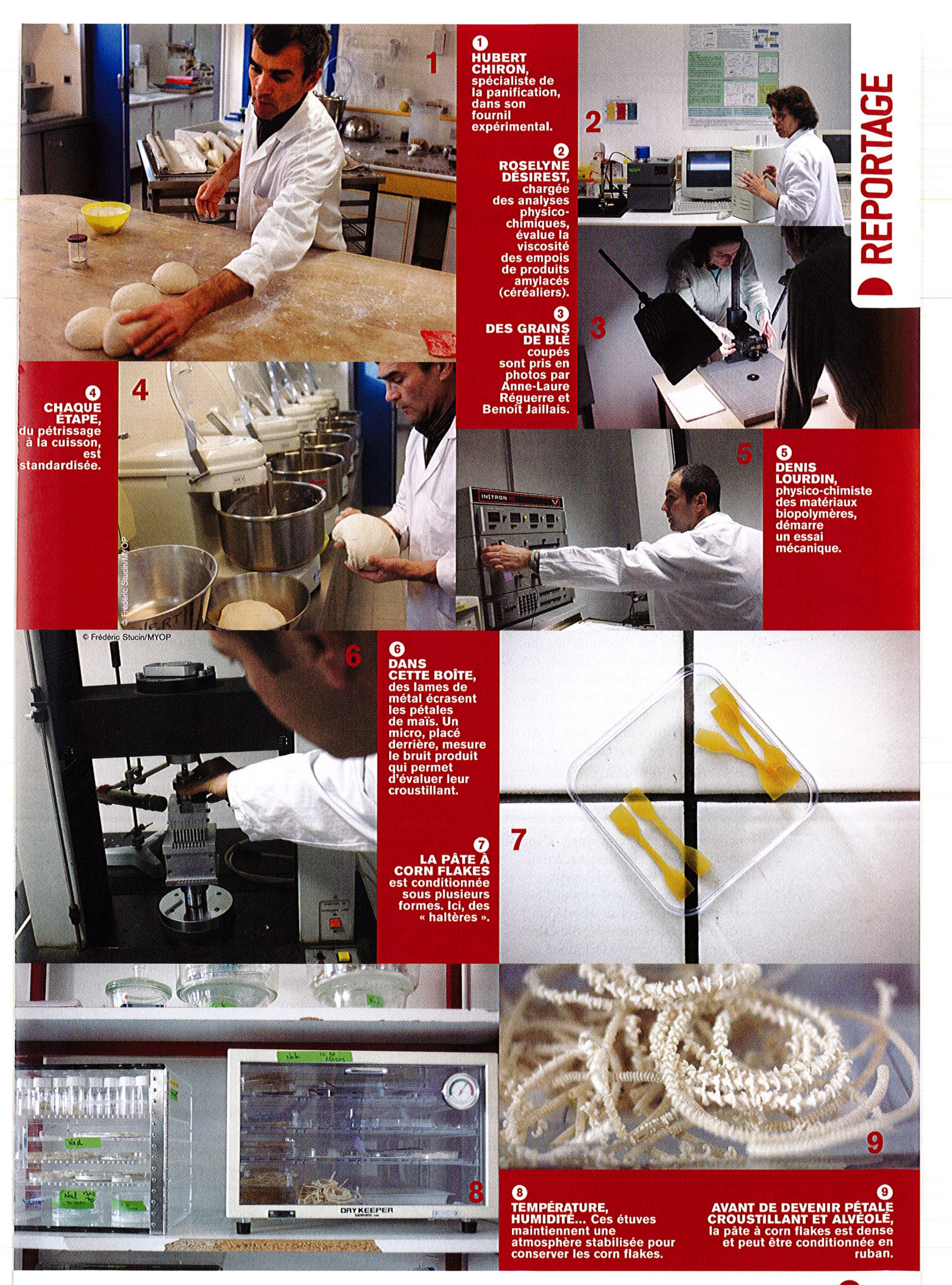

© Frédéric Stucin/MYOP

L'UNITÉ BIA occupe des locaux remis à neuf, en périphérie de Nantes.

L'Unité de recherche sur les « Biopolymères, leurs interactions et assemblages » (BIA) vient tout juste d'emménager dans de nouveaux bâtiments. Elle compte quelque 120 chercheurs et techniciens répartis en dix équipes, dont l'une, MC2 (pour matériau, création et comportement), est dédiée aux solides composites et alvéolaires à base de céréales. Son animateur, Guy Della Valle, nous présente deux objets d'études phares : le pain et les corn flakes. L'un et l'autre ont une composition à base d'amidon et de protéines, mais des structures alvéolaires et des textures très variées… En témoignent l'élasticité d'une mie de pain et le croustillant d'un pétale de maïs. *« De ces objets macroscopiques,* explique Guy Della Valle, *nous descendons jusqu'à l'échelle du micromètre pour comprendre certaines caractéristiques mécaniques comme la fragilité des pétales de maïs. »*

Le cri des corn flakes écrasés

Suivons Laurent Chaunier et Denis Lourdin, deux physiciens des matériaux qui travaillent en tandem sur ce sujet. L'une de leurs « manips » consiste à « traduire » le croustillant en propriétés acoustiques et mécaniques. Les échantillons à tester sont stockés dans une série d'étuves pour les maintenir à différents taux d'humidité. *« Un corn flakes contient 3 % d'eau au sortir d'un paquet étanche,* explique Denis Lourdin. *Si vous le laissez une demi-heure sur la table, il se charge d'eau et devient cartonneux. »* On entre alors dans une petite pièce insonorisée, abritant le dispositif *ad hoc.* Des pétales sont placés dans une cellule cubique, sur laquelle le



1 HUBERT CHIRON, spécialiste de la panification, dans son fournil expérimental.

2 ROSELYNE DÉSIREST, chargée des analyses physico-chimiques, évalue la viscosité des empois de produits amylacés (céréaliers).

3 DES GRAINS DE BLÉ coupés sont pris en photos par Anne-Laure Réguerre et Benoît Jaillais.

4 CHAQUE ÉTAPE, du pétrissage à la cuisson, est standardisée.

5 DENIS LOURDIN, physico-chimiste des matériaux biopolymères, démarre un essai mécanique.

6 DANS CETTE BOÎTE, des lames de métal écrasent les pétales de maïs. Un micro, placé derrière, mesure le bruit produit qui permet d'évaluer leur croustillant.

7 LA PÂTE À CORN FLAKES est conditionnée sous plusieurs formes. Ici, des « haltères ».

8 TEMPÉRATURE, HUMIDITÉ... Ces étuves maintiennent une atmosphère stabilisée pour conserver les corn flakes.

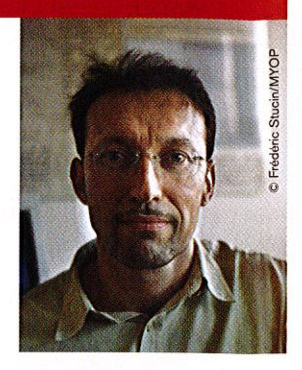
9 AVANT DE DEVENIR PÉTALE CROUSTILLANT ET ALVÉOLÉ, la pâte à corn flakes est dense et peut être conditionnée en ruban.

QUESTIONS À

Guy Della Valle

RESPONSABLE DE L'ÉQUIPE « MATÉRIAU, CRÉATION ET COMPORTEMENT »

Mettre au point des produits satisfaisant au mieux les attentes du consommateur



Pourquoi avoir placé le pain et les corn flakes au cœur de vos recherches ?
Nous nous efforçons de répondre à des questions scientifiques qui peuvent émerger des produits de consommation courante. Cette démarche englobe des aspects à la fois socio-économiques et nutritionnels. Prenez les corn flakes : il s'agissait pour les producteurs de maïs de développer une variété française permettant l'élaboration d'aliments de qualité. Avec ces producteurs, nous avons mis au point un procédé d'évaluation d'une nouvelle variété et fourni des outils d'aide à la décision : grâce aux connaissances acquises au cours de nos travaux, ils peuvent améliorer les différentes étapes de fabrication de leurs produits tout en mettant au point des produits répondant mieux aux attentes du consommateur.

Comment s'organisent les partenariats avec le secteur privé ?
Notre unité développe des partenariats publics et privés afin que ses recherches puissent être largement utilisées par l'industrie. Nous pratiquons principalement deux grandes formes de partenariat. L'un, plutôt spontané où le partenaire nous sollicite pour un problème que nous essayons de traduire en termes scientifiques, l'autre, issu des projets de l'ANR (Agence nationale de la recherche), sur une durée de trois ou quatre ans, traite de questions scientifiques génériques issues de concertation entre chercheurs et partenaires potentiels, par exemple des groupes semenciers et meuniers, des centres techniques, mais aussi des PME développant des outils informatiques et scientifiques.

manipulateur fait descendre une traverse munie de lames métalliques. Un microphone enregistre les sons produits par l'écrasement tandis qu'un capteur évalue la résistance des pétales. Ces mesures ont permis de caractériser treize échantillons de corn flakes de marques commerciales diverses. Verdict : les produits jugés les plus croustillants par un jury d'analyse sensorielle[1] présentent une résistance modérée à l'écrasement et une émission de sons puissants, équilibrés entre les graves et les aigus.

Les chercheurs testent aujourd'hui des pétales préparés au laboratoire à partir de variétés de maïs françaises fournies par le centre technique Arvalis-Institut du végétal et l'industriel Ulice-Limagrain. Le but est d'évaluer leur aptitude à la fabrication de corn flakes croustillants et de les comparer à la variété argentine Plata, référence en la matière. Cette texture recherchée est-elle liée à la forme des alvéoles ? Ou bien aux constituants de la matière de base ? Pour le savoir, nos chercheurs « dissèquent » les étapes successives de fabrication.

De la pâte au pétale

Direction le sous-sol, où l'on découvre une chaîne de production industrielle en miniature. Tout est là : presse de thermomoulage, extrudeur, four à gril… « *On prépare une poudre à partir des grains de maïs décortiqués et mélangés à différents ingrédients (eau, sucre, malt, sel),* décrit Laurent Chaunier, tout en versant cette poudre dans le cuiseur-extrudeur. *Avec ce procédé industriel, la pâte à corn flakes est simultanément cuite et laminée.* » Du fourreau métallique sort un ruban de pâte solidifiée et dense, conservée telle quelle, moulée en forme d'haltère de quelques centimètres ou bien encore « expansée » par grillage ou au micro-ondes pour y créer les alvéoles.

Compresser, étirer

Les échantillons repartent ensuite vers les étages supérieurs en attente de tests mécaniques : compression ou étirement jusqu'à la rupture. On compare alors les résultats aux caractéristiques de leur structure alvéolaire (taille et forme des alvéoles et de leurs parois), obtenue par tomographie aux rayons X au synchrotron de Grenoble, à la répartition amidon-protéines dans les parois, déterminée par microscopie confocale sur la plate-forme de l'unité. « *On pense aujourd'hui que les différences de croustillant tiennent davantage aux constituants du matériau dense (agrégats protéiques, fibres) qu'à la forme et à la taille des alvéoles, dues essentiellement au procédé de fabrication* », explique Laurent Chaunier.

Mêmes types de recherches sur le pain. Dans son fournil pilote installé à l'autre bout du sous-sol, Hubert Chiron fabrique des « *bâtards, comme chez le boulanger* », avec des farines enrichies en fibres. Chaque étape est standardisée : évaluation de la viscosité de la pâte, de sa masse et de sa température interne en cuisson, observation de la transition pâte-mie, analyse de la structure alvéolaire par analyse d'images. Autant de données ensuite reliées aux propriétés mécaniques de la mie. En effet, la texture du pain dépend d'une multitude de paramètres : mouture des grains, conditions de pétrissage, etc. But ultime de toutes ces connaissances ? Conforter un savoir-faire ancestral pour satisfaire au mieux les besoins nutritionnels ainsi que les papilles du consommateur.

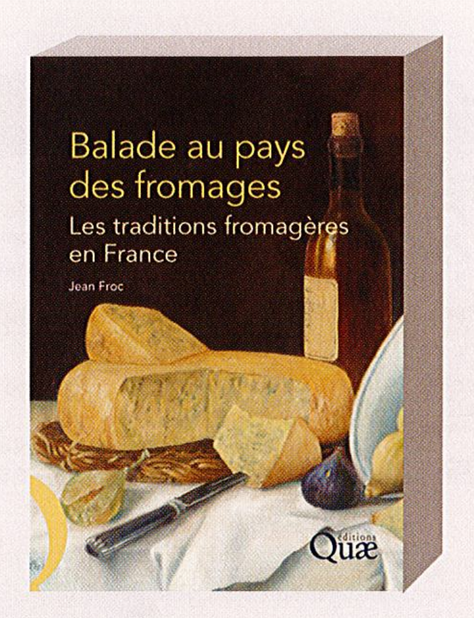
Patricia Chairopoulos

1. Société partenaire Adriant.

+d'infos

contact : Laurent Chaunier
chaunier@nantes.inra.fr
Denis Lourdin, lourdin@nantes.inra.fr
Guy Della Valle
dellaval@nantes.inra.fr
sur le web :
www.nantes.inra.fr

Jean Froc, agronome et gourmand



BALADE AU PAYS DES FROMAGES
Les traditions fromagères en France
Jean Froc
ÉDITIONS QUAE, JANVIER 2007, 240 PAGES, 28 €

Parler de balade, c'est déjà une invitation…

Jean Froc : Le livre propose de faire le tour de la fromagerie française, celle-ci étant le résultat d'une somme de savoirs ancestraux. Le fromage permet de stocker le lait qui est une matière périssable. Pour les économies paysannes, il a longtemps été une façon de prévoir l'hiver. Le texte le plus ancien que l'on ait trouvé décrit le fromage de Neufchâtel et date du XIIe siècle…
Notre pays détient environ 200 sortes de fromages. Au total, dans le monde, il y en a entre 1300 et 1400, dont certains types n'existent pas chez nous.
C'est le cas de la Scandinavie qui recèle ainsi d'excellents fromages de lactosérum caramélisés… Les fromages français ont en commun d'être issus d'une coagulation du lait à l'aide d'enzymes, la « présure ».
Les techniques de fabrication peuvent ensuite être plus ou moins complexes, tel le bleu de Termignon, qui est un fromage persillé de Savoie et une merveille de culture et de savoir-faire…
Au XXe siècle, il n'y a guère d'inventions de fromages, ce sont plutôt des copies, des adaptations ou des produits qui reposent sur des outils technologiques récents. C'est le cas du pavé d'Affinois élaboré par un procédé d'ultrafiltration mis au point par l'Inra.
Mais ce n'est pas, à proprement parler, un fromage, car sa matière première n'est pas le lait caillé, mais une sorte de pré-fromage avec la texture d'une « pâte à crêpes ».

Faut-il préserver notre patrimoine culturel fromager ?

J. F. : Je ne revendique pas un Louvre des fromages ! On a attendu de faire du mauvais pain pour mettre en avant les vertus du bon pain dans les écomusées… Ne faisons pas pareil avec le fromage ! Celui-ci nous est familier, mais les savoirs fromagers sont méconnus. Au travers de la typologie que je propose, il devient possible de décrire les fromages selon leur mode d'élaboration, aire de production, forme, origine historique…

Le terroir, est-ce important ?

J. F. : À chaque milieu physique, plaine, petite montagne, grande montagne…, les techniques diffèrent. Il ne peut y avoir de fromage universel, ni de délocalisations ! Les spécificités sont également liées au relatif isolement des régions jusqu'au XIXe siècle. Les produits étaient peu transportés et correspondaient donc à un ensemble de pratiques ancrées localement. C'est ce que valorisent aujourd'hui les appellations d'origine et les labels.
Cependant, les économistes qui ont valorisé les conventions de type AOC, n'ont pas, à mon avis, suffisamment mis en valeur les lois de la biologie et de l'éco-géographie qui sont, elles aussi, propres à tel ou tel milieu.

Pour écrire ce livre fallait-il être agronome ou gourmand ?

J. F. : Les deux ! Agronome, car il m'apparaît nécessaire de transmettre les connaissances de la biologie et des modes de fabrication fromagère. Gourmand ? Exigeant plutôt, parce qu'il ne s'agit pas de « bouffer », mais d'apprécier la qualité de ce que l'on mange…●

Propos recueillis par C. D.

en bref

La politique agricole commune par J.C. Bureau
Présentant le fonctionnement et les évolutions de la PAC, ce « Repère » offre une grille de réflexion pour aborder l'échéance de la prochaine réforme, en 2013.
Editions La Découverte, collection Repères - 2007 - 128 p. - 8,5 €

L'analyse des risques, l'expert, le décideur et le citoyen par B. Chevassus-au-Louis
Faisant suite à une conférence, cet essai montre que l'approche du risque a évolué en intégrant divers niveaux d'analyse : incertitude du contexte, acceptabilité des citoyens, bilan coûts/bénéfices... et modifie le rôle de l'expert.
Editions Quae - collection Sciences en Questions - 2007 - 90 p. 8,5 €.

La construction du réseau Natura 2000 en France par F. Pinton, P. Alphandéry, JP. Billaud, C. Deverre, A. Fortier, G. Géniaux
Le réseau écologique Natura 2000 s'est construit sur la base d'une concertation et d'une gestion locales suscitant des débats, des conflits mais aussi des procédures originales. Les auteurs analysent cette mise en politique de la nature.
Éditions La documentation française - 2007 - 173 p. - 39 €.



Une synthèse sur les OGM

PLANTES TRANSGÉNIQUES : FAITS ET ENJEUX
A. Gallais et A. Ricroch
ÉDITIONS QUAE, COLLECTION SYNTHÈSES, SEPTEMBRE 2006, 284 PAGES, 34 €

Fin 2006, le contribuable apprend simultanément que les autorités européennes infligent une lourde amende à la France pour ne pas avoir mis sa législation sur les OGM en accord avec les directives communautaires, que des institutions régionales françaises exercent une discrimination sur les entreprises selon qu'elles ont recours ou non aux OGM, et que les tribunaux entérinent ces pratiques pour des raisons de forme en évitant de se prononcer sur le fond…
Pour situer ces informations par rapport aux vifs débats qui ont déjà agité la société, le contribuable trouvera d'intéressantes références dans le livre *Plantes transgéniques : faits et enjeux.* André Gallais, agronome et généticien, et Agnès Ricroch, écologue et passionnée d'éthique, ont associé leurs talents pour examiner, avec modestie et sincérité, les connaissances et les faits. Ils expliquent que la transgenèse est un outil dérivé des avancées de la biologie moléculaire. Le potentiel de la méthode est illustré par des exemples d'actualité portant sur le cotonnier, le maïs, le soja…
La transgenèse n'est pas un don du ciel; elle ne peut être mise en œuvre que dans les cadres déjà établis de l'amélioration des plantes, elle n'est évaluée dans ses résultats que par rapport aux références agricoles, économiques et sociales habituelles.
Les auteurs considèrent ensuite ce qui fait l'objet de débats passionnés : les risques associés à un usage généralisé de ces plantes pour l'environnement, la biodiversité, l'alimentation, la santé des consommateurs. Les interrogations étant nombreuses et n'ayant pas toutes obtenu de réponses exhaustives, un moratoire avait été mis en place en France. Il a permis d'élaborer un premier encadrement réglementaire du développement des plantes transgéniques et de leurs usages. La nature, les enjeux et les impacts de ces mesures, leurs différences avec les normes européennes, comme leurs conséquences économiques, sont clairement exposés. Écrit avec rigueur, ce livre a le mérite de ne pas opérer *a priori* une sélection retenant exclusivement les données qui soutiendraient telle ou telle prise de position.
Il écarte le projet démiurgique qui viserait à modifier génétiquement l'homme et la nature. En revanche, il montre qu'en identifiant l'information génétique à un objet (l'ADN), la biologie moléculaire a ouvert le champ de la génétique à la brevetabilité et à l'appropriation, aux concurrences et aux intérêts de l'économie libérale. Les plantes transgéniques, pour partie, sont les produits de ces événements. Dans cette situation, les normes, élaborées par des experts ou des idéologues toujours en retard sur l'avancée des connaissances et l'évolution sociétale, perpétuent les controverses sans avancer…
Dépassant l'expertise technique, le livre ouvre sur deux perspectives. La première concerne la relation homme-nature : dans quelle ontologie, dans quelle doctrine théologique, les divers acteurs des OGM se placent-ils ? La seconde questionne la prise en charge de cette relation homme-nature par le marché : quels en sont les avantages et les inconvénients ? Y a-t-il d'autres solutions ? ●

Jean-Claude Mounolou, décembre 2006

+d'infos
Jean Claude Mounolou est ingénieur agronome et docteur en biologie. Il a enseigné à l'université de Paris-Sud-Orsay et a dirigé le centre de génétique moléculaire du CNRS à Gif-sur-Yvette.

Les végétations d'alpage de la Vanoise par A. Bornard, M. Bassignana, C. Bernard-Brunet, S. Labonne, P. Cozic.
Ce guide, richement illustré, décrit en 22 fiches, les types agroécologiques du massif de la Vanoise et propose des conseils en gestion pastorale. Il s'adresse aux éleveurs, techniciens et naturalistes.
Editions Quae - collection guide pratique - 2006 - 236 p. - 32 €.

La sociologie de l'alimentation par F. Régnier, A. L'huissier, S. Gojard
« Dis moi ce que tu manges, je te dirai qui tu es » : c'est en nous invitant à lire la société à travers l'alimentation que ces trois chercheuses de l'Inra entament leur ouvrage. Elles dressent ensuite une synthèse de la consommation alimentaire : ses déterminants et ses préoccupations.
Editions La Découverte, collection Repères, octobre 2006 - 120 p.- 8,5 €.

L'agriculture de demain, gagnants et perdants de la mondialisation par P. Rainelli
Mine d'informations sur l'état de l'agriculture dans le monde, ce livre aborde ses défis contemporains : l'inégalité face à la faim, les OGM, les biocarburants… Et se penche sur les conséquences de la libéralisation des échanges entre pays et au sein des nations.
Editions Le félin – collection Echéances - 160 p. - 11,9 €

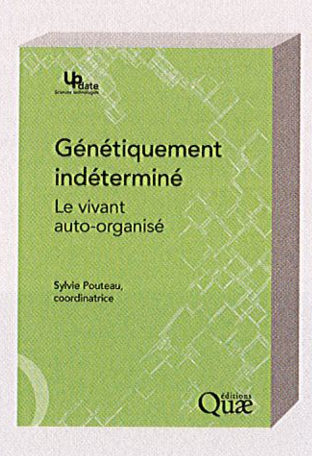
éditions Quæ

www.quae.com
c/o
Inra - RD 10 -
F-78026
Versailles
Cedex

L'ADN n'est pas maître à bord

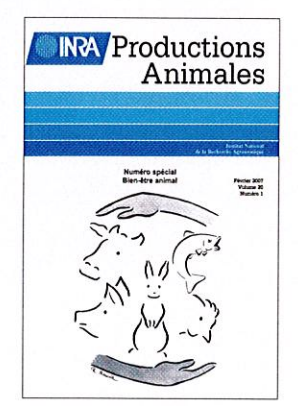
GÉNÉTIQUEMENT INDÉTERMINÉ
Le vivant auto-organisé, Sylvie Pouteau, coordinatrice
ÉDITIONS QUAE, JANVIER 2007, 30 €

La publication de la séquence complète du génome humain marque un tournant critique pour la biologie. Mais ce n'est pas celui que l'on attendait. Ce « texte » long de trois milliards de lettres, utilisant un alphabet à quatre molécules, symbolisées par A, T, G et C, ne révèle pas grand-chose de l'être humain et multiplie les problèmes plutôt qu'il ne les résout. […] La biologie contemporaine est appelée à se reconstruire autour de l'idée que si l'ADN participe bien à la fabrication de l'individu, il n'est pas maître à bord : les autres constituants de l'organisme ou de son environnement en déterminent tout autant les caractères. Il n'y a pas un programme génétique inscrit dans l'ADN et plus ou moins modulé par « le reste ». La question est de comprendre comment l'ensemble s'articule et s'organise. […] »
Extraits de la préface d'Isabelle Stengers et Pierre Sonigo.



revues

LE BIEN-ÊTRE ANIMAL
PRODUCTIONS ANIMALES - VOL.20 - FÉVRIER 2007 - EDITIONS QUAE - 16 €



Ce numéro spécial de la revue Productions animales fait écho aux travaux d'un réseau inter-organismes, initié par l'Inra en 1998 et travaillant sur cette question épineuse. Explicitant d'abord l'origine du concept de bien-être animal et la vision qu'en ont les éleveurs, les articles abordent ensuite les pratiques par type d'élevage et par thématique : stress, liens avec la santé, conditions préalables d'abattage…

+d'infos
- http://www.inra.fr/productions-animales/
- Réseau Agri Bien-être : http://wcentre.tours.inra.fr/BienEtre/accueil.htm.

QUELLES VARIÉTÉS ET SEMENCES POUR DES AGRICULTURES PAYSANNES DURABLES ?
LES DOSSIERS DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INRA N°30

Résultant d'un séminaire associant des chercheurs de l'Inra et des paysans de la Confédération paysanne, ce dossier aborde une question qui a acquis une base plus revendicative ces dernières années. Prenant acte des limites de la doctrine et de l'organisation de la sélection des plantes en France, les auteurs analysent les voies qui permettraient de mieux répondre à la diversification de la demande : en termes d'espèces, d'associations variétales ou de rusticité. Des témoignages de « sélection participative » expriment les besoins et la possible synergie entre agriculteurs et chercheurs pour construire des réseaux d'innovation à l'échelle des exploitations et des territoires, mais aussi pour réévaluer les critères de la sélection.

+d'infos
- Inra, mission environnement et société lecourrier@paris.inra.fr.

AGENDA

14 Juin
PARIS

Évolution de la Politique agricole commune
Le département Sciences sociales de l'Inra présente aux acteurs et décideurs, ses travaux sur la PAC à partir de cinq entrées : OMC, biocarburants, revenus, second pilier, quotas laitiers.
WWW.inra.fr/internet/Departements/ESR/

25/26 Juin
VILLENEUVE D'ASCQ

Journées Économie et espaces
Ces journées scientifiques se centrent sur la dimension spatiale des phénomènes économiques : localisation des firmes et des activités, marché foncier, localisation résidentielle, marché du travail, économie publique locale.
WWW.dijon.inra.fr/esr/activites/ecoespace/

10/13 Juillet
ANGERS

Xe Conférence européenne de nutrition
Congrès organisé par la Fédération des sociétés européennes de nutrition (FENS) et l'Union française pour la nutrition et l'alimentation (UFNA) avec la participation de chercheurs de l'Inra.
WWW.fens2007.org/

27/30 Août
PARIS

Biosphère continentale. Cycle de l'eau et végétation : analyse et prospectives
L'Inra, Agro-Paris-Tech, l'Association française pour l'eau, l'irrigation et le drainage (Afeid), le CNRS, le Cemagref, etc., font un point sur les connaissances scientifiques en matière de maîtrise du cycle de l'eau.
http://afeid.montpellier.cemagref.fr/Biosphere.htm

11/14 Sept
RENNES

SPACE 2007
L'Inra sera présent au Salon des productions animales - Carrefour européen et y animera un cycle de conférences.
WWW.space.fr

12/14 Sept
VERSAILLES

VIIe Colloque national de la Société française de biologie végétale
Ce colloque couvre les différents domaines de la biologie végétale (11 sessions thématiques).
Le prix de la SFBV sera remis à un jeune chercheur
WWW.sfbv.org

© Inra / Pierre Stengel

FORMATION DE FISSURES dans un sol argileux en cours d'humectation.
Cylindre de terre imprégné par une résine fluorescente et éclairé par ultraviolet.